KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
REPUBLIK INDONESIA
2013

SEMESTER 5

Pembuatan komponen instrumen logam





KELAS X

PENULIS

KATA PENGANTAR

Kurikulum 2013 dirancang untuk memperkuat kompetensi siswa dari sisi pengetahuan, keterampilan dan sikap secara utuh. Proses pencapaiannya melalui pembelajaran sejumlah mata pelajaran yang dirangkai sebagai suatu kesatuan yang saling mendukung pencapaian kompetensi tersebut.

Buku ini disusun untuk dipergunakan dalam proses pembelajaran pada mata pelajaran Pembuatan Komponen Instrumen Logam yang merupakan Mata Pelajaran Paket Keahlian Teknik Instrumentasi Logam, Program Keahlian Teknik Instrumentasi Industri, Bidang Keahlian Teknologi Dan Rekayasa, Sekolah Menengah Kejruan. Dalam penyusunannya Buku ini terdiri dari Empat jilid, dimana jilid 1 dipergunakan untuk pembelajaran siswa di kelas XI semester Tiga, jilid 2 dipergunakan untuk pembelajaran siswa di kelas XI semester Empat, jilid 3 dipergunakan untuk pembelajaran siswa di kelas XII semester Lima, dan jilid 4 dipergunakan untuk pembelajaran siswa di kelas XII semester Enam.

Sesuai dengan konsep Kurikulum 2013, buku ini disusun mengacu pada pembelajaran menggunakan pendekatan saintifik untuk menemukan konsep yang sedang dipelajar melalui deduksi. Karenanya siswa diusahakan ditumbuhkan kreatifitasnya melalui bimbingan oleh guru. Materi Pembuatan Komponen Instrumen Logam disusun secara terpadu dan utuh, sehingga setiap pengetahuan, keterampilan dan sikap yang diajarkan, pembelajarannya harus dilanjutkan sampai membuat siswa kompeten sehingga menjadi landasan yang kuat untuk melanjutkan proses pembelajaran pada mata pelajaran paket keahlian. Pada akhirnya diharapkan siswa menyadari bahwa berbagai upaya dan teknologi yang dicipta manusia memiliki limit keterbatasan, sedangkan Tuhan Yang Maha Esa adalah maha sempurna. Siswa sebagai makhluk dapat mensyukuri terhadap potensi yang diberikan Tuhan kepadanya dan anugerah alam semesta yang dikaruniakan kepadanya melalui pemanfaatan yangbertanggung jawab.

Buku ini menjabarkan usaha minimal yang harus dilakukan siswa untuk mencapai kompetensi yang diharapkan. Sesuai dengan pendekatan yang dipergunakan dalam Kurikulum 2013, siswa diberanikan untuk mencari dari sumber belajar lain yang tersedia dan terbentang luas di sekitarnya. Peran guru sangat penting untuk meningkatkan dan menyesuaikan daya serap siswa dengan ketersediaan kegiatan pada buku ini. Guru dapat memperkayanya dengan kreasi dalam bentuk kegiatan-kegiatan lain yang sesuai dan relevan dengan kompetensi keahian yang ditekuni siswa serta kondisi lingkungan sekolah.

Sebagai edisi pertama, buku ini sangat terbuka dan terus dilakukan perbaikan dan penyempurnaan. Untuk itu, kami mengundang para pembaca memberikan kritik, saran dan masukan untuk perbaikan dan penyempurnaan pada edisi berikutnya. Atas kontribusi tersebut, kami ucapkan terima kasih. Mudah-mudahan kita dapat memberikan yang terbaik bagi kemajuan dunia pendidikan dalam rangka mempersiapkan generasi seratus tahun Indonesia Merdeka (2045).

..............., November 2013

DAFTAR ISI

Sampul Muka i

Halaman Francis ii

Kata Pengantar iii

Daftar Isi iv

Peta Kedudukan Bahan Ajar vi

Glosarium vii

Bab 1 Pendahuluan

A. Deskripsi 2
B. Prasyarat 3
C. Petunjuk Penggunaan 3
D. Tujuan Akhir 5
E. Kompetensi Inti Dan Kompetensi Dasar 6
F. Cek Kemampuan Awal 10

Bab2 Menerapkan Prinsip Dasar AUTO-CAD

Deskripsi 12

Tujuan Pembelajaran 13

Peta Konsep 13

Rencana Belajar Siswa 14

Uraian Materi 15

A. Membuka Program Auto-Cad 15
B. Menentukan Besarnya Limits 26
C. Menyiapkan piranti pendukung sistem CAD 34
D. Menggunakan piranti sistem CAD 39
E. Gambar Produksi Dan Konstruksi 68
F. Mencetak/Mengeprint Gambar 92

G. Menggambar 3D dengan sistem CAD (Membaca Gambar Teknik) 114

Evaluasi 132

Bab 3 MENERAPKAN PRINSIP DASAR MESIN CNC

Deskripsi 135

Tujuan Pembelajaran 136

Peta Konsep 136

Rencana Belajar Siswa 137

Uraian Materi 138

A. Sejarah Mesin CNC 138

B. Prinsip Kerja Mesin Bubut CNC 140

C. Bagian Utama Mesin Bubut CNC 140

D. Dasar dasar pemrograman CNC 153

E. Siklus Pemrograman 176

F. Cara Melakukan Setting Benda Kerja 199

G. Kecepatan Potong Dan Asutan 201

H. Mengoperasikan Mesin CNC 204

I. Membuat Benda Kerja Dengan Mesin CNC 205

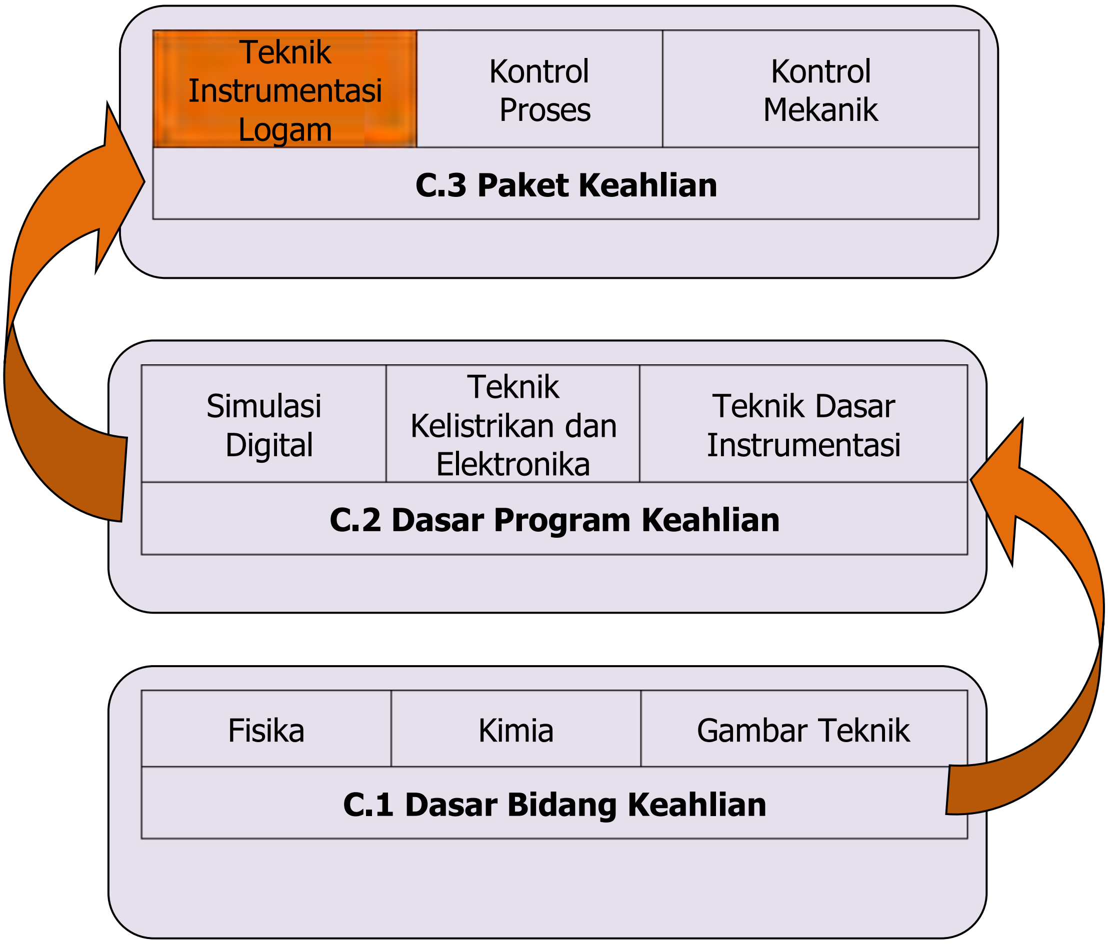
Evaluasi 209

Daftar Pustaka

Peta Kedudukan Bahan Ajar

Peta kedudukan bahan ajar ini merupakan diagram,yang menunjukan tahapan atau tata urutan pencapaian kompetensi yang diajarkan dan dilatihkan kepada siswa, dalam kurun waktu yang dibutuhkan.

Dengan membaca peta kedudukan bahan ajar ini, dapat dilihat urutan logis pembelajaran Bidang Keahlian Teknologi Dan RekayasaProgram KeahlianTeknik Instrumentasi Industri. Guru dan siswa dapat menggunakanBuku Teks Bahan Ajar Siswa ini, sesuai dengan urutan pada diagram ini.



Glosarium

Instrumentasi	:	Seperangkat instrumen atau alat yang digunakan untuk mengontrol, memanipulasi, mengukur, menunjukan atau menghitung nilai suatu variabel proses.
Auto-CAD	:	Perangkat lunak yang menyediakan fasilitas atau program untuk bermacam-macam keperluan menggambar di layar komputer sesuai dengan disiplin ilmu yang dikehendakinya
Mesin CNC	:	Singkatan dari Mesin Computer Numerically Controlled, merupakan mesin perkakas yang dikendalikan oleh komputer dengan bahasa numerik

BAB

1

PENDAHULUAN

A. Deskripsi

Buku Teks Bahan Ajar Siswa Pembuatan Komponen Instrumen Logam ini digunakan sebagai buku sumber pada kegiatan belajar untuk pencapaian kompetensi siswa pada Mata Pelajaran Paket Keahlian Teknik Instrumentasi Logam, Program Keahlian Teknik Instrumentasi Industri, Bidang Keahlian Teknologi Dan Rekayasa, Sekolah Menengah Kejruan.

Buku Teks Bahan Ajar Siswa Pembuatan Komponen Instrumen Logam terdiri atas 4 jilid buku. Buku Pembuatan Komponen Instrumen Logam jilid 3 digunakan untuk pembelajaran Kelas XII semester 5. Pada buku jilid 3 ini dibahas materi belajar yang meliputi;

1. Menerapkan Prinsip Dasar AUTO CAD dan mesin CNC
2. Mendeskripsikan AUTO CAD dan CNC pada Instrumen Logam
3. Memahami AUTO CAD dan Mesin CNC untuk Pembuatan Komponen Instrumen Logam
4. Membuat Komponen Instrumentasi Logam Dengan AUTO CAD dan Mesin CNC

Buku Teks Bahan Ajar Siswa Pembuatan Komponen Instrumen Logam disusun berdasarkan penguasaan konsep dan prinsip serta keterampilan teknis keahlian sehingga setelah mempelajari buku ini, siswa memiliki penguasaan pelaksanaan pekerjaan instrumentasi logam.

B. Prasyarat

Kemampuan awal Siswa sebelum mempelajari Buku Teks Bahan Ajar Siswa "Pembuatan Komponen Instrumen Logam" yaitu siswa telah memahami :

1. Gambar Teknik
2. Menggunakan perkakas tangan
3. Simulasi Digital
4. Teknik Dasar Instrumentasi

C. Petunjuk Penggunaan

1. Petunjuk penggunaan bagi Siswa :

a. Siswa diharapkan telah memahami mata pelajaran atau materi yang menjadi prasarat pemelajaran modul ini.
b. Lakukan kegiatan pemelajaran secara berurutan dari Bab 1 ke Bab berikutnya.
c. Rencanakan kegiatan belajar bersama guru, dan isilah pada kolom yang disiapkan pada tabel rencana pembelajaran.
d. Pelajari dan pahami setiap uraian materi dengan seksama.
e. Lakukan kegiatan yang diberikan pada uraian materi pembelajaran, kegiatan tersebut dirancang dalam bentuk; eksplorasi, diskusi,asosiasi, dan evaluasi hasil belajar pada setiap akhir bab.
f. Kegiatan praktik kejuruan dilaksanakan dalam bentuk latihan keterampilan, kerjakan latihan tersebut dibawah pengawasan guru.
g. Persiapkan alat dan bahan yang digunakan pada setiap pembelajaran untuk menyelesaikan tugas dan evaluasi hasil belajar
h. Lakukan setiap kegiatan dengan tekun, teliti dan hati-hati dengan menerapkan kesehatan dan keselamatan kerja.

i. Jawablah soal evaluasi pada bagian review, penerapan dan tugas sesuai perintah yang diberikan.
j. Uji kompetensi kejuruan adalah tugas proyek untuk mengevaluasi capaian keterampilan siswa, kerjakan uji kompetensi sesuai petunjuk.
k. Siswa dinyatakan tuntas menyelesaikan materi pada bab terkait, jika siswa menyelesaikan kegiatan yang ditugaskan dan menyelesaikan kegiatan evaluasi dengan nilai minimal sama dengan KKM (Kriteria Kelulusan Minimal).

2. Peran Guru:

a. Merencanakan kegiatan pembelajaran siswa sesuai silabus.
b. Mengarahkansiswa dalam merencanakan proses belajar
c. Memfasilitasi siswa dalam memahami konsep dan praktik.
d. Memberikan motivasi, membimbing dan mengarahkan siswa dalam melakukan kegiatan yang diberikan pada uraian materi pembelajaran. Kegiatan tersebut dirancang dalam bentuk; eksplorasi,asosiasi dan evaluasi.
e. Menekankan, selalu mengecek dan memfasilitasi penggunaan K3 sesuai kegiatan yang dilaksanakan.
f. Mengembangkan materi pembelajaranyang disesuaikan dengan kondisi siswa dan lingkungan sekolah.
g. Memberikan contoh, memandu dan melakukan pengawasan pelaksanaan tugas siswa yang berkaitan dengan pembelajaran praktik di laboratorium atau bengkel kerja.
h. Membantu Siswa untuk menetukan dan mengakses sumber belajar lain yang diperlukan untuk kegiatan pembelajaran.
i. Merencanakan seorang ahli/pendamping guru dari tempat kerja/industri untuk membantu jika diperlukan
j. Menyusun variasi kegiatan siswa, soal, latihan praktik dan uji kompetensi yang disesuaikan dengan kondisi siswa dan lingkungan sekolah.
k. Merencanakan proses penilaian dan menyiapkan perangkatnya

l. Memeriksa seluruh hasil pekerjaan siswa baik berupa hasil pelaksanaan kegiatan maupun jawaban dari evaluasi belajar dan uji kompetensi.
m. Mencatat dan melaporkan pencapaian kemajuan Siswa kepada yang berwenang.

D. Tujuan Akhir

Hasil akhir dari seluruh kegiatan belajar dalam buku teks bahan ajar siswa ini adalah Siswa;

1. Mampu menerapkan Prinsip Dasar AUTO CAD dan mesin CNC pada Pembuatan Komponen Instrumen Logam.
2. Mampu mendeskripsikan AUTO CAD dan Komponen CNC pada Instrumen Logam.
3. Mampu mengindentifikasi AUTO CAD dan Mesin CNC untuk Pembuatan Komponen Instrumen Logam
4. Mampu menggunakan AUTO CAD dan Mesin CNC untuk Pembuatan Komponen Instrumen Logam

E. Kompetensi Inti dan Kompetensi Dasar

BIDANG KEAHLIAN : TEKNOLOGI DAN REKAYASA

PROGRAM KEAHLIAN : TEKNIK INSTRUMENTASI INDUSTRI

MATA PELAJARAN : TEKNIK DASAR INSTRUMENTASI

KELAS XI

KOMPETENSI INTI	KOMPETENSI DASAR
1. Menghayati dan mengamalkan ajaran agama yang dianutnya.	1.1. Mengamalkan nilai-nilai ajaran agama dalam melaksanakan pekerjaan di bidang pembuatan komponen instrumen logam
2. Menghayati dan mengamalkan perilaku jujur, disiplin, tanggungjawab, peduli (gotong royong, kerjasama, toleran, damai), santun, responsif dan proaktif, dan menunjukkan sikap sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan dalam berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial dan alam serta dalam menempatkan diri sebagai cerminan bangsa dalam pergaulan dunia	2.1. Memiliki motivasi internal, kemampuan bekerjasama, konsisten, rasa percaya diri, dan sikap toleransi dalam perbedaan konsep berpikir, dan strategi menyelesaikan masalah dalam melaksanakan pekerjaan di bidang pembuatan komponen instrument logam 2.2. Mampu mentransformasi diri dalam berperilaku: teliti, kritis, disiplin, dan tangguh mengadapi masalah dalam melakukan tugas di bidang pembuatan komponen instrumen logam 2.3. Menunjukkan sikap bertanggung jawab, rasa ingin tahu, santun, jujur, dan perilaku peduli lingkungan dalam melakukan pekerjaan di bidang pembuatan komponen instrumen logam
3. Memahami, menerapkan dan menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, dan prosedural berdasarkan rasa ingin tahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dalam wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian dalam bidang kerja yang spesifik untuk memecahkan masalah.	3.1. Mendeskripsikan Prinsip Dasar Mekanika Teknik pada Pembuatan Komponen Instrumen Logam 3.2. Mendeskripsikan komponen mekanik pada instrumen logam 3.3. Mendeskripsikan K3 pada pembuatan komponen instrumen logam 3.4. Mendeskripsikan AUTO CAD dan mesin CNC untuk pembuatan komponen instrumen logam 3.5. Mengidentifikasi AUTO CAD dan perlengkapan mesin CNC dalam pembuatan instrumen logam 3.6. Mengidentifikasi AUTO CAD dan alat bantu mesin CNC dalam pembuatan instrumen logam 3.7. Mengidentifikasi bahan untuk

KOMPETENSI INTI	KOMPETENSI DASAR
	pembuatan komponen instrumen logam 3.8. Mengidentifikasi gambar kerja pembuatan Komponen Instrumen Logam 3.9. Mengidentifikasi pembuatan komponen instrumen logam dengan AUTO CAD dan Mesin CNC 3.10. Mengidentifikasi pengendalian mutu
4. Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, dan mampu melaksanakan tugas spesifik di bawah pengawasan langsung	4.1 Menerapkan Prinsip Dasar AUTO CAD dan mesin CNC pada Pembuatan Komponen Instrumen Logam 4.2 Menggunakan komponen mekanik pada instrumen logam 4.3 Melaksanakan K3 pada pembuatan komponen instrumen logam 4.4 Menggunakan mesin perkakas untuk pembuatan komponen instrumen logam 4.5 Menggunakan perlengkapan AUTO CAD dan mesin CNC dalam pembuatan instrumen logam 4.6 Menggunakan alat bantu AUTO CAD dan mesin CNC dalam pembuatan instrumen logam 4.7 Mengggunakan bahan untuk pembuatan komponen instrumen logam 4.8 Membaca gambar kerja pembuatan komponen instrumen logam 4.9 Membuat komponen instrumen logam dengan AUTO CAD dan Mesin CNC 4.10 Melaksanakan prosedur pengendalian mutu

KELAS XII

KOMPETENSI INTI	KOMPETENSI DASAR
1. Menghayati dan mengamalkan ajaran agama yang dianutnya.	1.2. Mengamalkan nilai-nilai ajaran agama dalam melaksanakan pekerjaan di bidang pembuatan komponen instrumen logam
2. Menghayati dan mengamalkan perilaku jujur, disiplin, tanggungjawab, peduli (gotong royong, kerjasama, toleran, damai), santun, responsif dan proaktif, dan menunjukkan sikap sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan dalam berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial dan alam serta dalam menempatkan diri sebagai cerminan bangsa dalam pergaulan dunia	2.4. Memiliki motivasi internal, kemampuan bekerjasama, konsisten, rasa percaya diri, dan sikap toleransi dalam perbedaan konsep berpikir, dan strategi menyelesaikan masalah dalam melaksanakan pekerjaan di bidang pembuatan komponen instrumen Logam 2.5. Mampu mentransformasi diri dalam berperilaku: teliti, kritis, disiplin, dan tangguh mengadapi masalah dalam melakukan tugas di bidang Pembuatan Komponen Instrumen Logam. 2.6. Menunjukkan sikap bertanggung jawab, rasa ingin tahu, santun, jujur, dan perilaku peduli lingkungan dalam melakukan pekerjaan di bidang pembuatan komponen instrumen logam
3. Memahami, menerapkan dan menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, dan prosedural berdasarkan rasa ingin tahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dalam wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian dalam bidang kerja yang spesifik untuk memecahkan masalah.	3.1. Mendeskripsikan AUTO CAD dan mesin CNC untuk pembuatan komponen instrumen logam 3.2. Mengidentifikasi perlengkapan mesin CNC dalam pembuatan instrumen logam 3.3. Mengidentifikasi alat bantu mesin perkakas dalam pembuatan instrumen logam 3.4. Mengidentifikasi bahan untuk pembuatan komponen instrumen logam 3.5. Mengidentifikasi gambar kerja pembuatan Komponen Instrumen Logam 3.6. Mengidentifikasi pembuatan komponen instrumen logam dengan Mesin perkakas 3.7. Mengidentifikasi pengendalian mutu
4. Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, dan mampu melaksanakan tugas spesifik di bawah pengawasan langsung Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait	4.1 Menerapkan Prinsip Dasar Mekanika Teknik pada Pembuatan Komponen Instrumen Logam 4.2 Menggunakan AUTO CAD dan komponen CNC pada instrumen logam 4.3 Melaksanakan K3 pada pembuatan komponen instrumen logam 4.4 Menggunakan AUTO CAD dan mesin CNC untuk pembuatan komponen instrumen logam 4.5 Menggunakan perlengkapan mesin CNC dalam pembuatan instrumen logam

KOMPETENSI INTI	KOMPETENSI DASAR
dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, dan mampu melaksanakan tugas spesifik di bawah pengawasan langsung	4.6 Menggunakan alat bantu mesin CNC dalam pembuatan instrumen logam 4.7 Mengggunakan bahan untuk pembuatan komponen instrumen logam 4.8 Membaca gambar kerja pembuatan komponen instrumen logam 4.9 Membuat komponen instrumen logam dengan AUTO CAD dan Mesin CNC 4.10 Melaksanakan prosedur pengendalian mutu 4.11 Menciptakan gambar kerja komponen instrumen logam menggunakan AutoCAD 2D 4.12 Menciptakan gambar kerja komponen instrumen logam menggunakan AutoCAD 3D 4.13 Melaksanakan K3 pada pembuatan komponen instrumen logam dengan mesin NC/CNC 4.14 Menggunakan mesin NC/CNC untuk pembuatan komponen instrumen logam 4.15 Menggunakan perlengkapan dalam pembuatan instrumen logam NC/CNC 4.16 Mengggunakan bahan untuk pembuatan komponen instrumen logam menggunakan mesin NC/CNC 4.17 Membuat komponen instrumen logam dengan Mesin NC/CNC

F. Cek Kemampuan Awal

Berilah tanda silang (x) pada tabel dibawah ini, dengan pilihan "ya" atau "tidak" dengan sikap jujur dan dapatdipertanggungjawabkan untuk mengetahui kemampuan awal yang telah Kamu (Siswa) miliki.

No	Kompetensi Dasar	Pernyataan	Dapat Melakukan Pekerjaan Dengan Kompeten		Jika "Ya" Kerjakan
			Ya	Tidak	
1	• Mendeskripsikan Prinsip Dasar AUTO CAD dan mesin CNC pada Pembuatan Komponen Instrumen Logam • Menerapkan Prinsip Dasar AUTO CAD dan CNC pada instrumen logam	• Mampu mendeskripsikan Prinsip Dasar AUTO CAD dan CNC pada Pembuatan Komponen Instrumen Logam • Mampu menerapkan Prinsip Dasar AUTO CAD dan CNC pada instrumen logam			Evaluasi Belajar Bab 2
2	• Mendeskripsikan AUTO CAD dan komponen CNC pada instrumen logam • Menggunakan komponen mekanik pada instrumen logam	• Mampu mendeskripsikan AUTO CAD dan komponen CNC pada instrumen logam • Mampu menggunakan AUTO CAD dan komponen CNC pada instrumen logam			Evaluasi Belajar Bab 3

BAB
2

MENERAPKAN PRINSIP DASAR AUTO-CAD

Kata Kunci:

- *Limits*
- *Background*
- *Piranti Cad*
- *Layar Autocad*
- *Program Auto-Cad*

Deskripsi

Auto-CAD adalah perangkat lunak yang menyediakan fasilitas atau program untuk bermacam-macam keperluan menggambar di layar komputer sesuai dengan disiplin ilmu yang dikehendakinya, Misalnya, untuk keperluan menggambar teknik mesin, arsitektur, elektro dan semacamnya. Auto-CAD dapat dioperasikan dengan cara membuka program Auto-CAD, dengan cara mengklik program Auto-CAD (klik program, Auto-CAD 2004) atau dengan cara *double* klik pada ikon Auto-CAD yang telah tersedia, tunggu beberapa detik, terbukalah layar atau monitor program Auto-CAD tersebut.

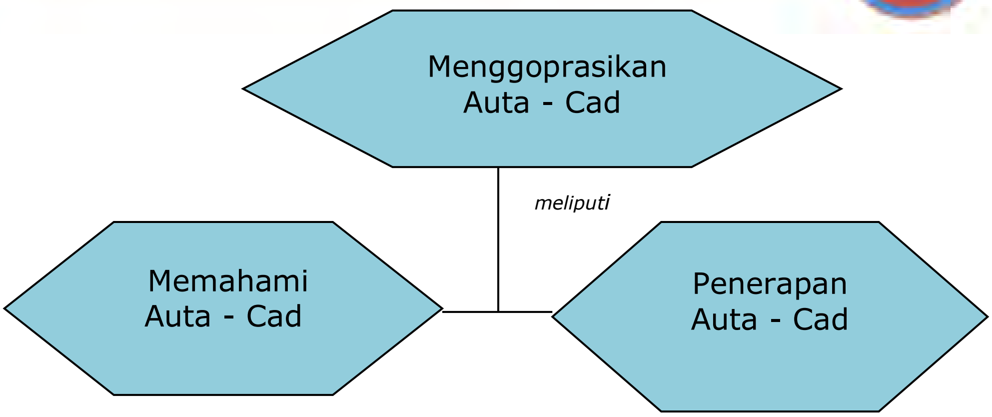
Diharapkan setelah mempelajari materi ini Kamu memahamami dasar Auto-cad sebagai dasar pembelajaran pembuatan komponen instrument logam dengan menggunakan Auto-cad.

Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari Bab 2 ini, Kamu diharapkan dapat;

1. Mengidentifikasi lingkup materi Auto - Cad
2. Menerapkan prinsip Auto – Cad
3. Mengambar teknik menggunakan Auto – Cad

Peta Konsep



Rencana Belajar Siswa

Pada hari ini, ... tanggal ....tahun .... Guru beserta siswa merencanakan pelaksanaan kegiatan belajar sebagaimana tabel di bawah ini

No	Jenis kegiatan	Tanggal	Waktu	Tempat belajar	Catatan Perubahan
1	Memahami dasar Auto - Cad				
2	Memahami Penerapan Prinsip Auto - Cad				
3	Mengambar teknik menggunakan Auto – Cad				
4	Mengerjakan soal evaluasi				

............................, ...

Guru	Orangtua/Wali Siswa	Siswa
....	....	....

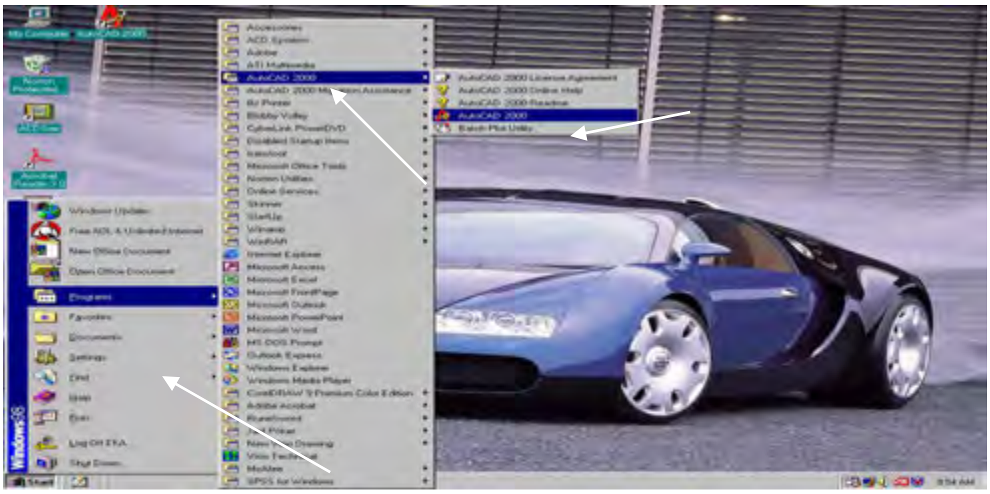
Uraian Materi

A. Membuka Program Auto-Cad

Auto-CAD merupakan perangkat lunak yang menyediakan fasilitas atau program untuk bermacam-macam keperluan menggambar di layar komputer sesuai dengan disiplin ilmu yang dikehendakinya, Misalnya, untuk keperluan untuk keperluan menggambar teknik mesin, arsitektur, elektro dan semacamnya. Auto-CAD dapat dioperasikan dengan cara membuka program Auto-CAD, dengan cara mengklik program Auto-CAD (klik program, Auto-CAD 2004) atau dengan cara *double* klik pada ikon Auto-CAD yang telah tersedia, tunggu beberapa detik, terbukalah layar atau monitor program Auto-CAD tersebut.

Prosedur / langkah-langkah untuk membuka program / layar Auto CAD adalah sebagai berikut

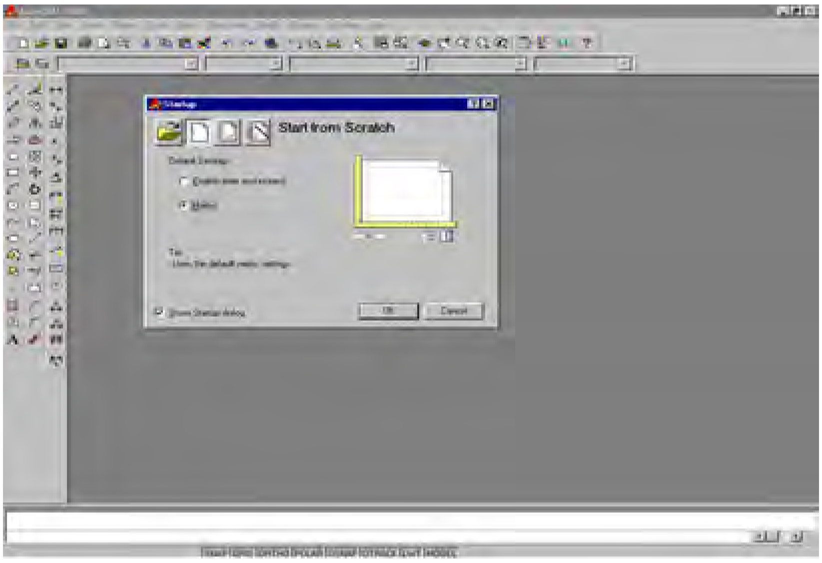
1) Geserkan mouse dan arahkan kursor pada start (*Klik start*)
2) Geserkan kursor keatas klik *program.*
3) Geserkan kursor kekanan klik *Auto CAD 2004*
4) Geserkan kursor ke kanan dan ke bawah klik *Auto CAD 2004*, tunggu beberapa saat maka, akan terbukalah program/layar AutoCad tersebut Lihat gambar 2.1 berikut !



Gambar 2.1 Langkah untuk membuka program

1. Membuka program Auto CAD

Untuk membuka progaram Auto CAD, selain dengan cara di atas dapat juga dilakukan dengan cara *double* klik pada ikon Auto CAD yang telah tersedia , tunggu beberapa saat, maka akan terbukalah layar/program AutoCAD terdebut, seperti terlihat pada gambar 2.2 berikut



Gambar 2.2 Layar Auto CAD

2. Memilih Satuan

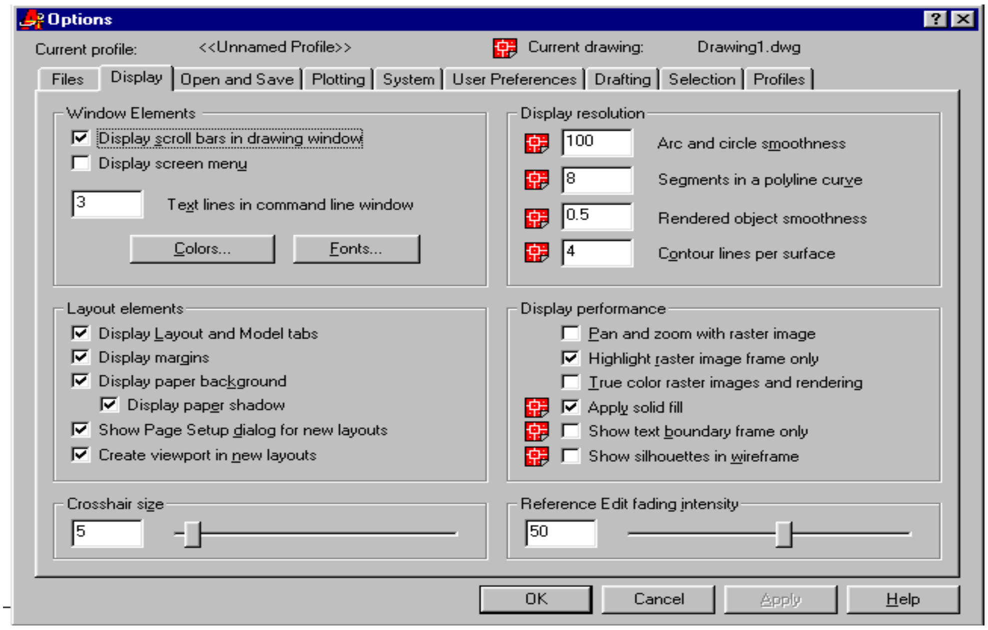
Setelah program/layar Auto CAD terbuka, muncul desktop yang memberikan pilihan satuan yang akan digunakan yaitu satuan Britis atau Metris. Jika kita akan menggunakan satuan metris, maka kliklah lingkaran pilihan *metrik* sampai terdapat titik di tengah-tengah lingkaran tersebut. Kemudian klik OK dan terbukalah layar gambar AutoCAD tersebut. Layar Auto-CAD adalah tampilan layar atau monitor, mulai dari sudut kiri bawah sampai dengan sudut kanan atas monitor yang terdiri atas

1) Layar gambar;
2) Command line/text-bar;
3) Status line;
4) Screen menu;
5) Kursor;
6) Desktop/jendela pilihan.

3. Memilih Warna Layar Gambar / Background

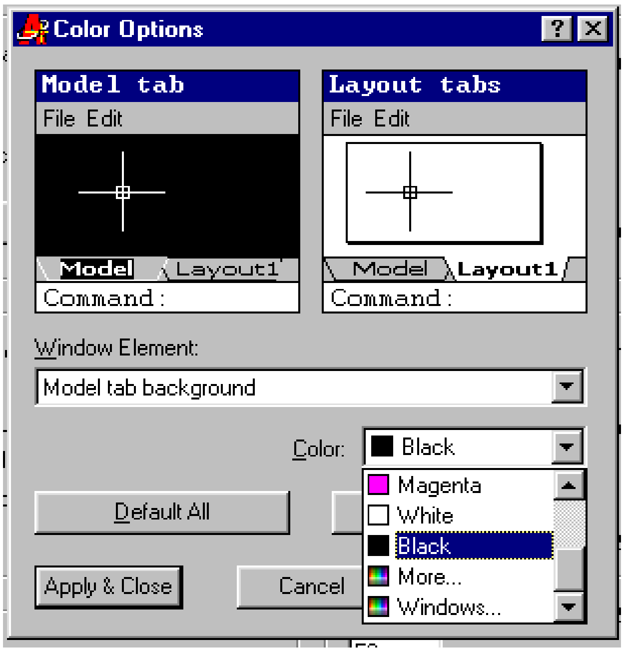
Layar gambar atau *background* Auto CAD dengan penampilan standar mempunyai warna *hitam* , tetapi kita dapat memilih warna lain, misalnya putih , magenta atau *background* yang lainnya sesuai dengan selera kita untuk menggunakannya. Cara memilih warna *backgrond* tersebut adalah sebagai berikut:

1) Geserkan mouse , sorotkan kursor pada menu/tools bar di sebelah atas dan pilih tools (*klik tools*)
2) Geserkan kursor kebawah pilih options ... (Klik options..)
3) Setelah options .. diklik maka akan muncul desktop seperti terlihat pada gambar berikut.



Gambar 2.3 Dekstop option

4) .Selanjutnya, pilih *display* yang berada di sisi kiri atas (*klik dis play*)
5) Kemudian, *klik color* yang berada di tengah sebelah kiri sehingga muncul desktop pilkihan warna seperti terlihat pada gambar 2.4 berikut



Gambar 2.4 Memilih warna background

Jika kita akan menggunakan warna lain, misalnya warna putih atau lainnya, klik knop color/warna sehingga muncul pilihan warna tersebut sebagai mana terlihat pada gambar di atas yang terdiri atas : warna hitam, magenta, putih dan more . Jika kita akan memilih warna putih (klik White) kemudian klik apply & close, maka terbukalah layar gambar dengan backgroud warna putih tersebut .

Layar gambar adalah tempat untuk menggambar. Layar gambar ini dengan: ikon system koordinat, kursor/cros hair, scroll bar .

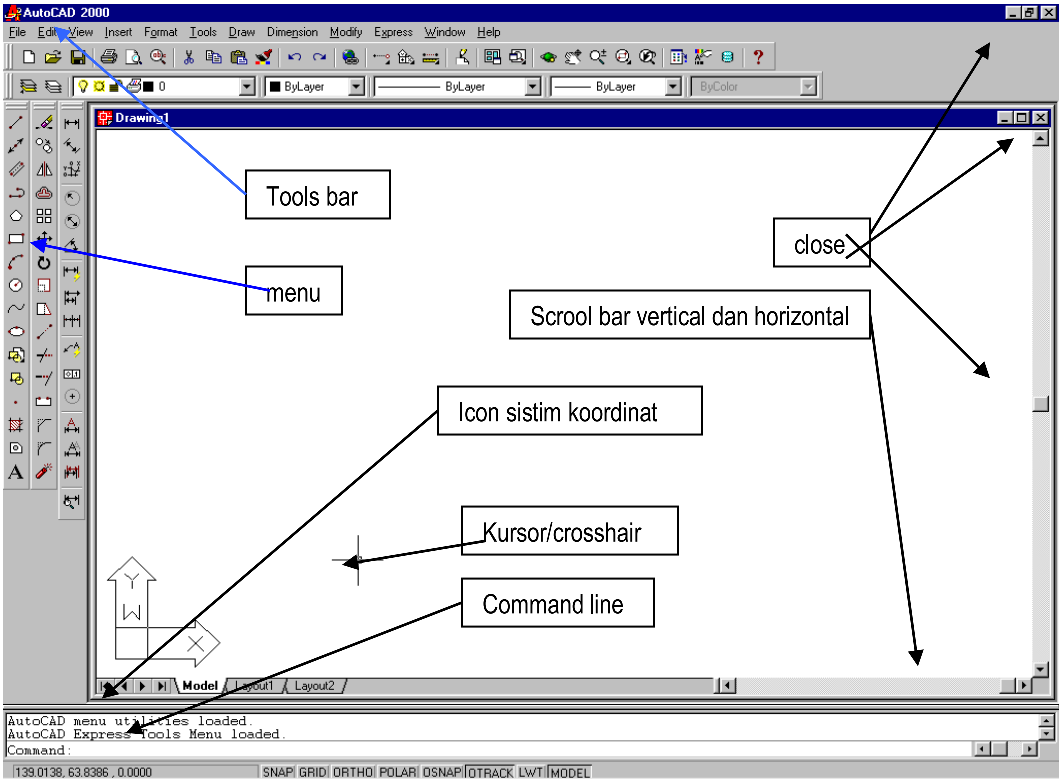
4. Bagian Bagian Layar Autocad

a. Ikon Sistem Koordinat

Ikon sistem koordinat merupakan panduan saat kita menggambar. Sistem koordinat pada Auto-CAD adalah sistem koordinat x,y,z. Layar merupakan bidang rata dengan arah sumbu x ke arah horizontal dan sumbu y ke arah vertical, sedangkan sumbu z mengarah pada kita berupa sebuah titik. Icon sistem koordinat berada pada posisi (0,0,0) atau dapat kita pindah-pindah saat menggambar atau memerlukannya.

b. Kursor

Kursor berupa anak panah sebagai pemandu yang dapat digerak-gerakkan melaui *mouse*. Pada layar yang aktif, kursor berubah menjadi *crosshair* /bujursangkar kecil yang bergaris silang.



Gambar 2.5 Bagian bagian layar Auto CAD

c. Scroll-bar

Scroll-bar pada layar gambar terdiri atas dua macam, yaitu *scroll bar vertical* dan *scroll bar horizontal*. *Scroll-bar vertical* dan *scroll bar horizontal* berfungsi untuk menggeser-geserkan layar gambar kearah vertikal (naik dan turun) atau ke arah horizontal (ke kiri dan kanan). *Scroll bar* terdiri atas tiga buah knop, yaitu dua buah knop berada pada ujung-ujung berupa gambar segitiga dan satu knop tengah yang berupa gambar segi empat. Knop ujung dapat digunakan untuk menggerakkan layar secara bertahap atau cepat, yaitu dengan cara diklik. Layar bergeser satu unit. Jika knopnya disorot dan ditekan maka layar akan bergerak atau bergeser secara cepat. Knop tengah digunakan untuk menggeser layar dengan cara di-*drug* (sorot atau arahkan kursor, tekan dan geser) sampai layar gambar berpindah ke tempat yang diinginkan.

Pada layar yang kosong (tanpa gambar) pergeseran layar tidak tampak. Jika layar gambar sudah terisi dengan gambar, pergeseran tersebut terlihat.

d. *Command line*

Command line adalah kolom yang berada di bawah layar yang berfungsi untuk melakukan perintah-perintah pada Auto-CAD dengan cara mengetikkan pada *keyboard*.

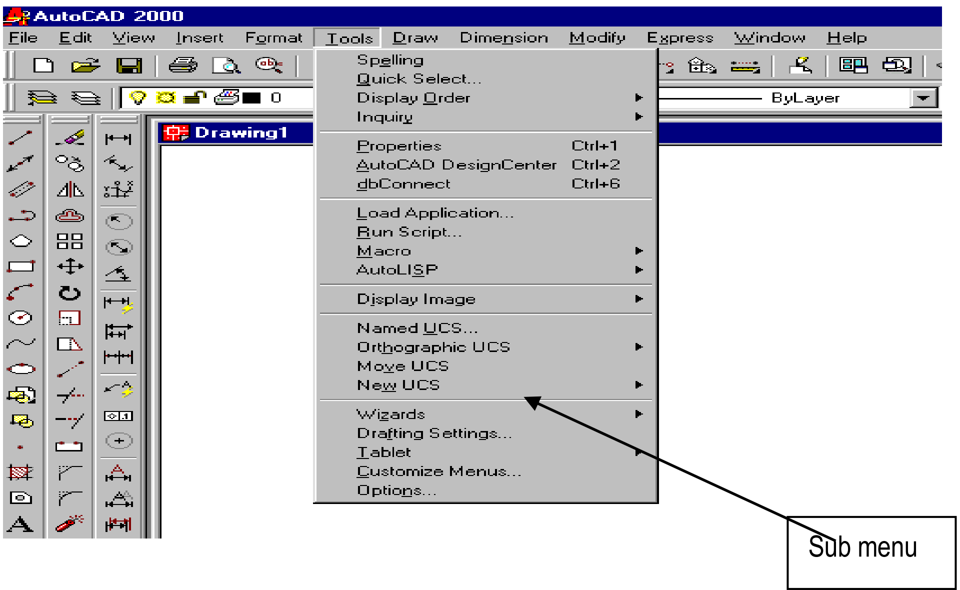
e. *Screen menu atau menu*

Screen menu berada di atas layar gambar yang berisi menu yang terdiri atas file, edit, view, insert, format, tools, draw, dimention, modify, express, windows dan help. (lihat gambar 2.6) berkut.



Gambar 2.6 Menu-bar

Jika salah satu menu diklik, akan tampil submenu/pilihan . Misalnya, kita klik menu tools, maka terbukalah jendela pilihan gambar, seperti gambar 2.7.



Gambar 2.7 Sub menu

Tools-bar sebagai sub menu dapat ditampilkan berupa ikon-ikon sebagai tombol pilihan menu, dapat dipinah-pindahkan ke layar gambar, ke kiri, ke

atas atau ke kanan, bahkan dapat ditiadakan atau dipanggil kembali saat tools-bar diperlukan.

5. Menyimpan Gambar

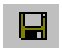
Gambar yang sudah kita buat dapat kita simpan pada hard disk dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1) Klik Menu *file*
2) Klik submenu *save* maka akan muncul desktop .
3) Ketikan nama *file* nya misalnya dengan nama sendiri .
4) Tekan enter atau klik *tools-bar save* ()maka tersimpanlah gambar atau dokumen tersebut dalam file tersebut. Jika kita akan menyimpan dengan nama lain dari dekumen yang ada malah dapat kita lakukan dengan langkah langkah berikut :

1). klik menu *file*

2)..klik submenu *save* as

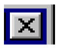
3)..Ketik nama file yang kita inginkan , dan klik OK

Untuk menghindari hal-hal yang tidak kita inginkan misalnya tiba-tiba listrik mati sehingga gambar yang sudah kita buat berjam-jam lamanya menjadi hilang, pada saat-saat tertentu secara periodik misalnya setiap setengah jam sekali gambar itu kita simpan/save dengan cara menyorot dan menekan menu *save* () atau dapat juga dengan cara menekan (CTRL+C), . tersimpanlah data atau gambar yang telah kita buat tersebut dengan aman pada nama *file* yang sedang kita kerjakan tersebut .

6. Keluar Dari Auto Cad

Apabila kita sudah selesai menggambar dan telah di *save* , untuk keluar dari Auto CAD, dapat dilakukan langkah langkah seperti berikut ;

1) klik menu *file*
2) Klik *exit*, maka keluarlah dari Auto CAD.

Atau untuk keluar dapat juga dilakukan dengan cara klik tanda silang  (close) yang berada pada sudut kanan atas window/monitor, atau dapat pula dengan cara menekan (Alt+F4) pada *keyboard*.

RANGKUMAN

1. Langkah langkah membuka layar Auto CAD
    - Klik start
    - klik program
    - klik Auto CAD
    - Klik Auto CAD Atau double klik pada icon 

2. Untuk memilih satuan
    - Klik pilihan metrik pada pada desktop start up
    - klik OK
3. Memilih warna background
    - Klik tools
    - klik option
    - klik display
    - klik color
    - klik color pada *color option*
    - pilh warna backgroun yang di inginkan
    - klik apply & close
    - klik OK
4. Bagian-bagian layar Auto CAD
    - Commad line
    - Icon sistem koordinat
    - menu
    - tools bar
    - scroll bar
    - close

Latihan 1

1. Bukalah program Auto CAD pada komputer
2. Pilih standar satuan metris
3. Ubahlah warna *background*/display dengan warna putih atau magenta
4. Simpanlah data Anda pada *file* dengan nama Anda sendiri
5. Ubahlah nama *file* Anda dengan nama gambar latihan
6. Tutuplah atau keluarlah dari program Auto CAD

Petunjuk Pelaksanaan :

1. Siapkan komputer dengan program Auto CAD
2. Hidupkan komputer
3. Buka program/layar AutoCAD Klik *start*, program ,Auto CAD 2000, Klik Auto CAD 2000
4. Kik metrik untuk memilih satuan
5. Klik tools klik option , klik display, klik color, klik color option, pilih dan klik magenta, klik apply & *close*,klik OK
6. Klik file, klik save, ketikkan nama sendiri, klik *save*
7. Klik file,klik save as , ganti dengan gambar latihan , klik save
8. Klik file klik exit atau double klik pada *icon close*.

Latihan 2

1. Bukalah program Auto CAD pada komputer Anda
2. Pilih standar satuan metris
3. Ubahlah warna *background*/display dengan warna putih atau magenta
4. Simpanlah data Anda pada *file* dengan nama Anda sendiri
5. Ubahlah nama *file* Anda dengan nama gambar latihan
6. Tutuplah atau keluarlah dari program Auto CAD

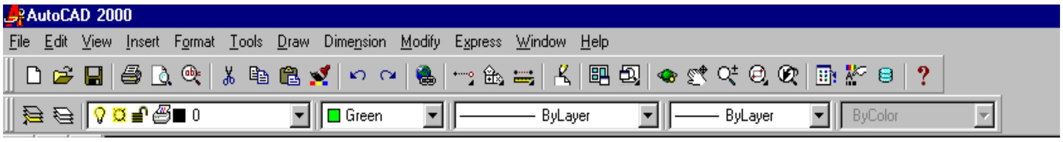
Petunjuk Pelaksanaan

1. Siapkan komputer dengan program Auto CAD
2. Hidupkan komputer
3. Buka program/layar AutoCAD Klik *start*, program ,Auto CAD 2000, Klik Auto CAD 2000
4. Kik metrik untuk memilih satuan
5. Klik tools klik option , klik display, klik color, klik color option, pilih dan klik magenta, klik apply & *close*,klik OK
6. Klik file, klik save, ketikkan nama sendiri, klik *save*
7. Klik file,klik save as , ganti dengan gambar latihan , klik save
8. Klik file klik exit atau double klik pada *icon close*.

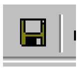
Latihan 3

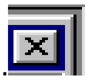
Untuk mengetahui sampai di mana tingkat pemahaman terhadap materi pembelajaran, Isilah pertanyaan pertanyaan berikut dengan singkat dan jelas.

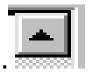
1. Bagaimana cara membuka program/layar Auto CAD? Tuliskan langkah-langkahnya !.
2. Lihat gambar, Nama untuk gambar trsebut adalah: …………………

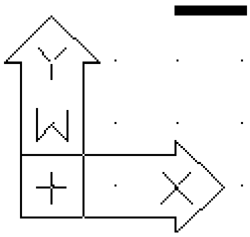


3. Lihat gambar :

a. :…………………….. 

b. ……………………… 

c. ……………………… 

d. ……………………… 

e. ……………………… 

4. Bagaimana cara memilih satuan? , Tuliskan langkah-langkah kerjanya!
5. Menu apa saja yang terdapat pada *tools bar* standar ?

B. Menentukan Besarnya Limits

Gambar teknik mesin bukan merupakan gambar bebas, tetapi sebagai alat komunikasi teknik, gambar yang memerlukan ketelitian dan harus memenuhi standar yang berlaku. Oleh karena itu, sebelum menggambar dengan menggunakan Auto-CAD terlebih dahulu kita harus mempersiapkan hal-hal sebagai berikut :

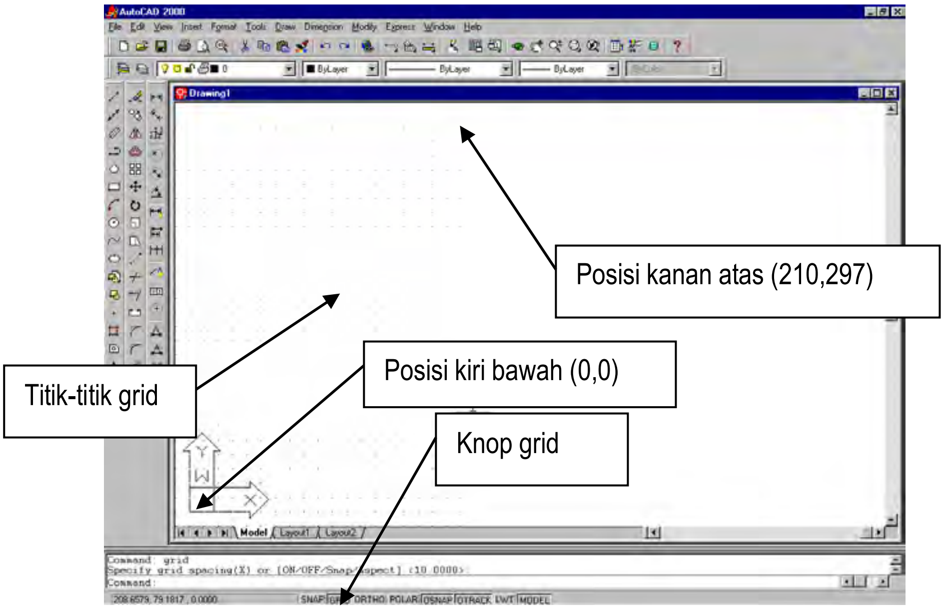
1) sistem satuan yang digunakan.
2) ukuran kertas gambar yang akan digunakan.
3) skala gambar.
4) limits dan grid.

1. Sistem satuan

Sistem satuan pada Auto-CAD adalah satuan unit yang dapat dikonversikan menjadi satuan Britis (Inchi, Feet) atau satuan Metris (m, cm, atau mm). Untuk memenuhi standar (ISO), satuan yang digunakan adalah satuan metris, yaitu meter, cm, atau mm. Pada bab sebelumnya telah dibicarakan bahwa setelah kita membuka program Auto-CAD, terbukalah kotak dialog, Auto-CAD memberikan dua pilihan satuan ynag digunakan, yaitu satuan Britis atau Metris. Kemudian kita pilih Metris (*klik Metric*) *dan klik OK*, maka terbukalah layar gambar dengan sistem satuan Metrik.

2. Ukuran kertas gambar yang akan digunakan

Ukuran garis tepi pada kertas gambar merupakan batasan kertas bidang cetak dengan koordinat pada tepi kiri bawah (0,0) dan tepi kanan atas (x,y) = (210,297), untuk kertas gambar A4 tegak, sedangkan untuk kertas gambar A3 mendatar adalah (0,0) pada kiri bawah dan (420,297) untuk koordinat tepi kanan atau (lihat gambar 2.8 berikut).



Gambar 2.8 Batas limit

3. Skala gambar

Jika kita akan mengecilkan gambar dari ukuran sebenarnya maka ukuran gambar tersebut harus diskala pengecilan, misalnya :

Gambar diperkecil dua kali skalanya 1 : 2

Gambar diperkecil sepuluh kali skalanya 1 : 10

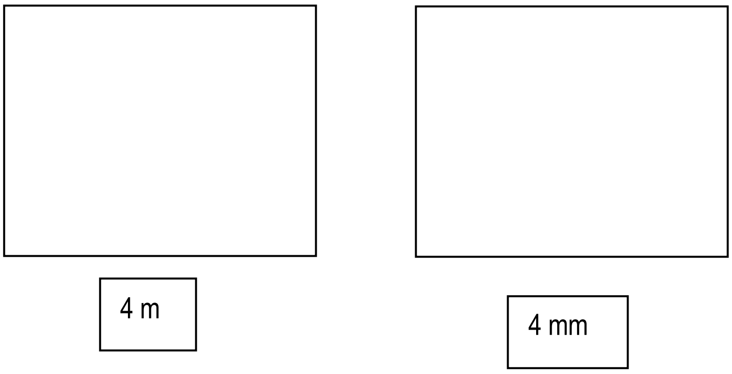
Gambar diperkecil seratus kali skalanya 1 : 100

Angka 2, 10 dan 100 disebut *Scale-faktor* (factor skala)

Pada gambar yang diskala, ukuran yang tercantum dalam gambar kerja adalah ukuran sebenarnya, sedangkan ukuran tampilan pada gambar adalah ukuran yang sesuai dengan skala. Contoh gambar bujursangkar yang diskala berikut ini.

Pada gambar (a), gambar diskala dengan skala 1 : 100

Pada gambar (b), gambar diskala dengan skala 1 : 1 (ukuran gambar sesuai dengan ukuran sebenarnya).



(a) (b)

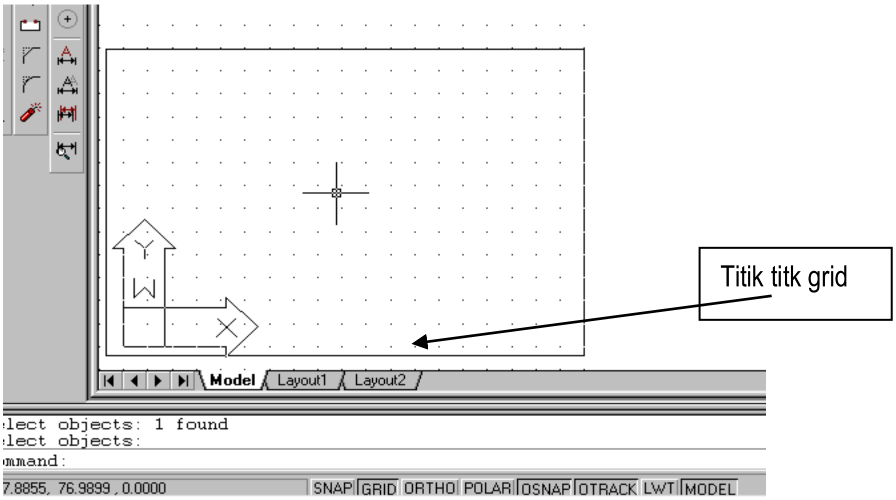
Gambar 2.9 Bujur sangkar

4. Limits dan grid

Setelah kita memilih satuan panjang yang digunakan untuk menggambar, kita perlu memberi batasan-batasan ukuran gambar yang dapat dicetak dengan batas-batas limits tersebut..Limits adalah batas-batas ukuran yang dibentuk oleh dua titik dan pilih dalam arah diagonal, titik pertama berada pada sisi kiri bawah layar atau monitor pada koordinat 0,0 (x=0 dan y=0), sedangkan titik kedua berada pada sisi kanan atas yang dipilih berdasarkan kebutuhan. Auto-CAD memberikan default untuk sisi kiri bawah 0,0 dan sisi kanan atas 12.0000,9.0000, jika dipilih satuan Britis. Jika dipilih satuan Metris, maka limitsnya adalah 0.0000,0.0000 untuk limits kiri-bawah dan 420.0000,297.0000 untuk sisi-kanan atas. Batas limits tersebut dapat kita lihat dengan cara mengaktifkan grid, sehingga tampak titik-titik pada monitor sebagai batas *limits* tersebut. Jika kita tidak mengaktifkan *grid* maka batas-batas limits tersebut tidak terlihat .

Untuk mengaktfkan *grid,* kita harus melakukannya dengan cara mengarahkan kursor pada knop-*GRID* yang berada pada bagian bawah layar (lihat gambar 2.10) kemudian klik, maka tampaklah titik-titik pada layar gambar. Untuk menghilangkan grid (titik-titik), kita arahkan kembali kursor pada knop GRID dan klik kembali, sehingga grid menjadi hilang. Jarak antara titik yang satu dengan titik yang lainnya, dapat ditentukan sesuai dengan kebutuhan kita. Misalnya grid dengan jarak

antara 5 atau 10 unit untuk satuan Metris atau 0,5 sampai 1 untuk satuan Britis. Grid dan limits dapat dilihat pada gambar 2.10 berikut.



Gambar 2.10 Tampilan grid

Grid tidak akan tampak saat kita mencetak gambar. Jika keadaan grid dapat mengganggu penglihatan kita saat kita menggambar, grid tersebut dapat dihilangkan dengan cara menyorot grid yang ada di bawah layar gambar dan diklik atau dengan cara mengetikkan *off* pada command line yaitu :

Command : *Grid* (enter)

(on/off/snap/aspect) : *off* (enter)

Maka lenyaplah grid (titik-titik)dari layar gambar.

Di samping dapat digunakan sebagai pemandu batas limit, grid juga dapat digunakan sebagai pemandu jarak atau ukuran saat menggambar. Misalnya, kita menggunakan limits 0.0000,0.0000 dan 12.0000,9.0000 dengan grid 1 unit maka jarak antara titik satu dengan titik lainnya adalah 1 unit.

5. Membuat gambar 2 dimensi dengan sistim Cad

Hubungan antara grid dan limits dapat dilihat pada table 2.1 berikut :

Tabel 2.1
Hubungan Antara Grid Dan Limits

Limits	Grid	Jumlah jarak grid		Jarak antara titik
		Sumbu x	Sumbu y	
0.0000,0.0000 Dan 12.0000,9.0000	1 0.5 0,2	12 24 60	9 18 45	1 unit 0.5 unit 0,2 unit
0.0000,0.0000 420.0000,297.0000	10	42	29.7	10 unit
210,297	10 5	21 42	29.7 (30) 60	10 unit 5 unit

Keterangan :
Satuan unit dapat dikonverskan menjadi satuan inchi, feet, meter, cm, atau mm sesuai dengan satuan yang kita gunakan saat menggunakan batas limits. Pada Auto-CAD besarnya limit yang harus diprogram bergantung pada *satuan, faktor skala* dan *ukuran* dari kertas gambar. Hubungan dari ketiga faktor tersebut dapat dilihat pada tabel berikut

Tabel 2.2
Hubungan Ukuran Kertas Gambar Skala Dan Limits

Ukuran kertas gambar	Skala gambar	LIMITS *)	
		Posisi tegak	Posisi mendatar
A4 (satuan mm) (gambar diperkecil)	1 : 1	210,297	297,210
	1 : 2	420,594	594,420
	1 : 10	2100,2970	2970,2100
	1 : 100	21000,29700	29700,21000
A4 (satuan mm) (gambar diperbesar)	2 : 1 atau 1 : 0.5	105,148.5	148.5,105
	4 : 1 atau 1 : 0.25	5.25,74.25	74.25,5.25

*) Batas/limits sisi kiri bawah 0.000,0.000

Besarnya limits tersebut dapat juga dihitung dengan persamaan berikut :

LIMITS = UKURAN GARIS TEPI x SKALA FAKTOR

Contoh 1 :

Kita akan membuat gambar dengan skala 1 : 2 (skala faktornya = 2) pada kertas gambar A4 dalam satuan mm maka limitsnya adalah :

1) Batas kiri bawah : 0,0 dan
2) Batas kanan atas : (210 x 2), (297 x 100) atau 420,594

Contoh 2 :

Kita akan membuat kertas gambar A4 dalam satuan cm dan membuat gambar dengan skala 1 : 100. Jika dibuat pada kertas gambar A4 tegak maka limitsnya adalah

1) Pada sisi kiri bawah : 0,0
2) Pada sisi kanan atas : (21 x 100), (29,7 x 100) atau (2100,2970)

Contoh 3 :

Gambar kerja yang akan kita gambar adalah gambar bangunan besar yang mempunyai satuan meter, sedangkan gambarnya akan dibuat pada kertas gambar A3 yang tegak dalam satuan cm. Berapakah limitsnya?.

Limitsnya adalah :

1) Pada sisi kiri bawah dan
2) Pada sisi kanan atas adalah sebagai berikut :

    Garis tepi kertas gambar A3 = 0,0 dan 29.7,42

    Skala gambar cm : m = 1 :100 faktor skalanya 100

Jadi limitsnya adalah :

1) Pada sisi kiri bawah : 0,0

2) Pada sisi kanan atas adalah : (29.7 x 100), (42 x100) atau 2970,4200. Untuk melihat batas limits tersebut kita aktifkan gridnya dan kita atur jarak grid supaya grid tidak mengganggu penglihatan saat kita menggambar.

6. Mengesat limits dan grid

Setelah kita menghitung besarnya limits yang akan kita gunakan, limits tersebut harus kita program, harus kita set, yaitu dengan langkah-langkah sebagai berikut :

Command : Limits (enter)

On/off/(lower leftcorner) (0.0000,0.0000) : 00 (enter)

Uper right corner (12.0000,9.0000) : *)

*) Jika kita setuju dengan batas diagonal pada titik kanan atas (12.0000,9.0000) maka kita enterkan saja. Jika kita perlu mengubah limitsnya sesuai dengan skala dan garis tepi yang telah dihitung misalnya 21,29.7 maka kita ketikkan angka tersebut pada keyboard dan enter.

Grid dapat diset sesuai dengan keinginan kita dengan spasi atau jarak antara titik-titik yaitu dengan mengetikkan grid pada *keyboard* atau

Command : Grid (enter)

Specify grid spacing (x) or (on/off/snap/aspect) (0.5) : *)

*) Jika jarak antara titik pada grid sangat rapat dan kita perlu mengubahnya menjadi 1 unit, maka ketiklah angka 1 (sesuai dengan keinginan kita), kemudian kita enter. Gridnya mengeset kearah sumbu x = 10 unit dan kearah sumbu y = 5 unit maka grid kita set sebagai berikut:

Command : Grid (enter)

………. : Aspect atau ketikkan A (enter)

specify the horizontal spacing (x) (0.00) : 10 (enter)

………………………………. (y) (0.00) : 5 (enter)

Maka Grid tersebut sudah berubah (terprogram)

Untuk menampilkan limits dan grid dapat kita zoom yaitu :

Command : Zoom (enter)

Zoom…… : all (enter)

Jika grid dipandang sebagai titik-titik yang mengganggu penglihatan kita saat menggambar maka grid dapat di *off*, yaitu

Command : Grid (enter)

…………… : off (enter)

Atau dapat juga kita dengan menyorot grid, kemudian klik, begitu juga menghidupkan kembali grid, sorot grid, kemudian klik Sistem koordinat

Latihan 4

1) Ukuran garis tepi dipilih 0,0 untuk sisi kiri bawah dan 20,25 untuk sisi kanan atas. Satuan dalam cm, skala gambar 1 : 50. Tentukan limitsnya!
2) Kertas gambar yang akan dicetak dipilih A4 tegak dengan skala gambar 1 : 2 (diperkecil).
    a) Tentukan batas garis tepi kertas gambar pada sisi kiri bawah dan kanan atas.
    b) Berapa besarnya faktor skala
    c) Tentukan limitsnya untuk sisi kiri bawah dan kanan atas.
    d) Jika *grid* di-set pada 10 berapa unit jarak antara titik titik (gridnya).

C. Menyiapkan piranti pendukung sistem CAD

1. Sistem Koordinat

Sistem koordinat kartesian yang terdiri atas sumbu x, y, z digunakan sebagai pemandu arah saat kita menggambar. Jika kita meggambar pada layar 2D maka arah dari koordinat tersebut adalah

x positif arahnya ke kanan ; x negatif arahnya ke kiri ;

y positif arahnya ke atas ; y negatif arahnya ke bawah ;

z positif arahnya mendekati kita (karena berupa titik) ; z negatif arahnya menjauhi kita.

Jika sistem koordinat berada pada posisi (0,0,0) maka yang digunakan pada Auto-CAD disebut Word Coordinate Sistem (WCS). System koordinat tersebut dapat dipindah-pindahkan, baik pada saat menggambar dilayar 2D maupun dilayar 3D. Sistem koordinat itu (yang dipindahkan) disebut User Coordinate System (UCS). Untuk memindahkan WCS menjadi UCS adalah sebagai berikut :

Command : UCS (enter)

Origin/Zaxis/3point/Entuty/View/x/y/z/Prev/Restore/Save/Del/(word) :

Ketikan 0 (untuk memilih Origin), (enter)

Origin point (0,0,0) : 20,40,0 Maka WCS berubah menjadi UCS dengan posisi 20 unit pada arah sumbu x, 40 unit pada sumbu y dan 0 pada sumbu z. Untuk mengembalikan UCS menjadi WCS (kembali pada posisi semula).

Command : UCS (enter), kemudian pilih W (enter), maka kembali UCS ke WCS.

2. Huruf dan Angka

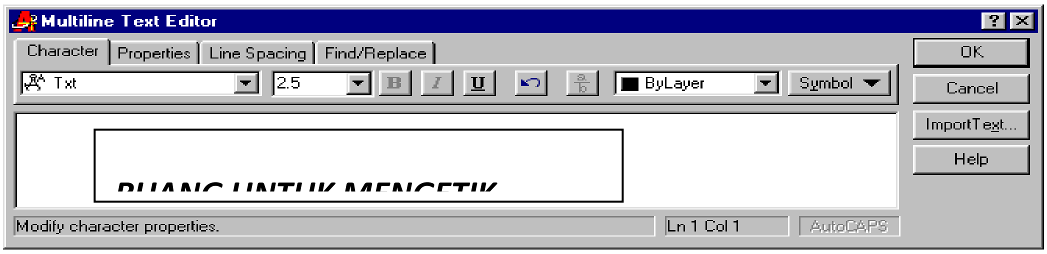
Persiapan menggambar lainnya adalah menampilkan huruf dan angka. Maksudnya adalah untuk memberikan tanda atau keterangan lainnya pada gambar dalam bentuk teks. Membuat teks pada layar gambar banyak pilihan. Untuk menampilkannya kata dapat memilih di antaranya sebagai berikut :

1) Dengan memilih (klik) icon A pada tools-bar

   Klik Ikon A ,Specify fist corner : tempat yang akan diberikan teksnya dicorner, yaitu dibuat jendela, klik kiri atas dan klik lagi kanan bawah dengan jarak sesuai dengan batas teksnya.

   Setelah dicorner, akan muncul kotak isian teks yang memuat:

   - tinggi teks
   - bentuk teks
   - tebal teks dan lainnya lihat gambar berikut



Gambar 2.11 *Text Editor*

   Jika kita ingin mengubahnya, misalnya dari tinggi huruf 2.5 menjadi 5 kita dapat mengubahnya pada kotak isian ini. Setelah teks diset, kita ketikkan teks tersebut dan klik OK maka teks sudah pindah ke layar gambar pada posisi yang dicorner tadi.

2) Menampilkan teks langsung

   Command : Dtext (enter)

   Specify height of text or (justify/style) : (enter)

   Specify height (2.5) : 2.5, jika kita ingin mengubah teksnya menjadi 5, ketiklah 5 dan enter.

   Specify rotation angle of text (0) : (enter) jika dipilih teks yang mendatar, dan ketikkan 90 untuk teks dengan arah tegak lurus ke atas.

RANGKUMAN

1. Limits adalah batas ukuran yang dibentuk oleh dua titik yang dibentuk oleh dalam arah diagonal, titik pertama berada pada sisi kiri bawah dengan koordinat 0,0 (x1=0 ;dan y1=0), titik kedua diklik pada posisi (x2,y2) sesuai dengan ukuran bidang gambar ,satuan yang digunakan serta skala gambarnya.
2. Limits dapat dihitung dengan persamaan :

   Limits = ukuran garis x skala faktor
3. Untuk mengeset limits : Ukuran bidang gambar A4 tegak, skala 1:1 satuan mm
   Command : Limits (diketik pada keybord)
   On/Off/Lower leffcorner(0.0000,0.0000) : (enter) yaitu untuk batas koordinat terbawah dengan x1=0 dan y1 = 0
   Uper right corner (12.0000,9.0000) = 210,297 (enter)
4. Menampilkan grid : grid diset 10 unit (jarak antara titiknya 10 unit atau mm
   Command : grid (enter)
   Specify grid spacing (x) or (on/off/snap/aspect) (0,5) : 10 (enter)
   Specify grid spacing (y) or (on/off/snap/aspect) (0,5) : 10 (enter)
5. Menampilkan grid
   Command : grid
   Specify grid spacing (x) or (on/off/snap/aspect) (10) : On (enter)
6. Meniadakan grid :
   Command : grid
   Specify grid spacing (x) or (on/off/snap/aspect) (10) : Off (enter)
7. Memindahkan sistem coordinat :ke posisi 20,40,0
   Command : UCS (Enter)
   Origin/2axis/3point/Entity/View/x/y/z/Prev/Restore/elev/ word) : Origin atau ketikkan huruf O; -Origin point (0,0,0) : 20,40,0 (enter)
8. Menampilkan huruf dan angka
   Klik di icon A
   Corner posisi tempat untuk membuat text (huruf atau angka 0
   Atur ; tinggi text, jenis text
   Ketik kata atau kalimat pada keybord
   Klik OK
9. Menampilkan langsung : tinggi huruf 3 mm dengan arah mendatar (angle) 0^{o}
   Command : dtext
   Specifi heigt of text or (Justifi/style) : (enter)
   Spcify height (2.5) : 3 (enter) untuk membuat huruf dengan ukuran tinggi 3 mm
   Spcify rotation angle of text (0): (enter) atau klik pada posisi yang akan kita buat kata atau kalimat tersebut mendatar
   Enter text : Ketikan text yang akan kita buat

Latihan 5

1. Tentukan limits untuk membuat ruang gambar dengan ketentuan
   a) Ukuran A4 mendatar
   b) Satuan Cm
   c) Skala 1:50
2. Tampilkan grid dengan jarak 0.1 unit
3. Lenyapkan gridnya
4. Hidupkan /tampilkan lagi gridnya dengan jarak 10 unit
5. Buat teks di tengah dengan tinggi text 5 mm , jenis text arial, miring (Latihan 5)
6. *Save* dengan nama Latihan 5
7. Tutup/keluar dari program Auto CAD

Petunjuk pelaksanaan :

1. Bukalah program Auto CAD pada komputer anda
2. Pilih standar satuan metris
3. *Background* standar
4. Hitung limitsnya dengan rumus **Limits = ukuran x skala faktor**
5. Cara menampilkan dan mematikan grid dengan :

   Command : Grid (enter)
   ……….. : 0.1 (enter) , Enter)
   Command : Grid (enter)
   ……………….: off (enter)
   Command : Grid (enter)
   …………. : on (enter)
   Comand : grid (enter)
   ……………. : 10 (enter), (enter)
6. Klik Icon A

   korner di tengah
   Pilih huruf arial
   Tentukan tingginya (3 mm)
   jenis miring
   Ketik dengan kata Latihan 5

Klik OK

7. Menyimpan gambar

   KKlik icon *save*

   Ketikkan nama lembar kerja 3

   Klik save

8. Menutup program
   - Klik *file*
   - Klik OK (atau) klik icon close

Untuk mengetahui sampai di mana tingkat pemahaman terhadap materi pembelajaran, Isilah pertanyaan pertanyaan berikut dengan singkat dan jelas.

1. Apa yang dimaksud dengan limits = 0,0 dan 210,297? Jelaskan !
2. Kita akan membuat gambar dengan skala 1 : 5 dengan satuan mm. , Berapakah limitsnya untuk membuat gambar pada kertas yang berukuran A4 tegak?.
3. Jelaskan langkah-langkah untuk mengeset limits tersebut!.
4. Jelaskan langkah-langkah untuk mengeset grid !
5. Jelaskan langkah-langkah untuk menampilkan gtrid !
6. Jika dipandang perlu untuk menghilangkan grid , langkah-langkah apa saja yang diperlukan untuk menghilangkan grid tersebut ?
7. Suatu sistem koordinat akan dipindahkan pada posisi x=15, dan y 30=., Jelaskan langkah langkahnya !.
8. Jika kita akan melengkapi gambar dengan huruf dan angka , langkah apa saja yang harus dikerjakan untuk menampilkan huruf dan angka tersebut ?, jelaskan !
9. Kita akan membuat huruf dengan tinggi huruf 5 mm. Jelaskan caranya untuk membuat huruf tersebut ?
10. Langkah-langkah apa saja yang diperlukan untuk membuat teks dengan tinggi hurur 8 mm dengan arah 30^{o} ke kanan atas ? Jelaskan !

D. Menggunakan piranti sistem CAD

Auto-CAD telah memprogramkan bermacam-macam bentuk dan ukuran untuk keperluan menggambar. Dasar bentuk pokok untuk menggambar tersebut berada dalam bentuk menu *DRAW* yang terdiri atas :

Garis lurus (LINE)

Garis lengkung (ARC)

Lingkaran (CIRCLE)

Ellipse

Segi banyak beraturan (POLYGON)

Segi empat tegak lurus (RECTANGLE)

Arsir (HATCH)

Poly line

Bentuk-bentuk dasar/standar di atas digabung satu sama lain sehingga menjadi gambar yang berfungsi. Untuk menggunakan salah satu menu atau sub menu di atas ada beberapa pilihan atau cara,yaitu.

Klik menu *DRAW* kemudian klik submenu. Pilih salah satu menu. Misalnya, garis lurus kita klik Line atau lingkaran kita klik Circle atau bentuk yang lainnya.

Pada waktu kita mengetik pada keyboard dan kita perhatikan pada command line, misalnya untuk membuat garis lurus, kita ketikkan LINE (L) kemudian enter. Setelah itu kita dapat melanjutkan pembuatan garis tersebut, yaitu :

Command ; Line (enter)

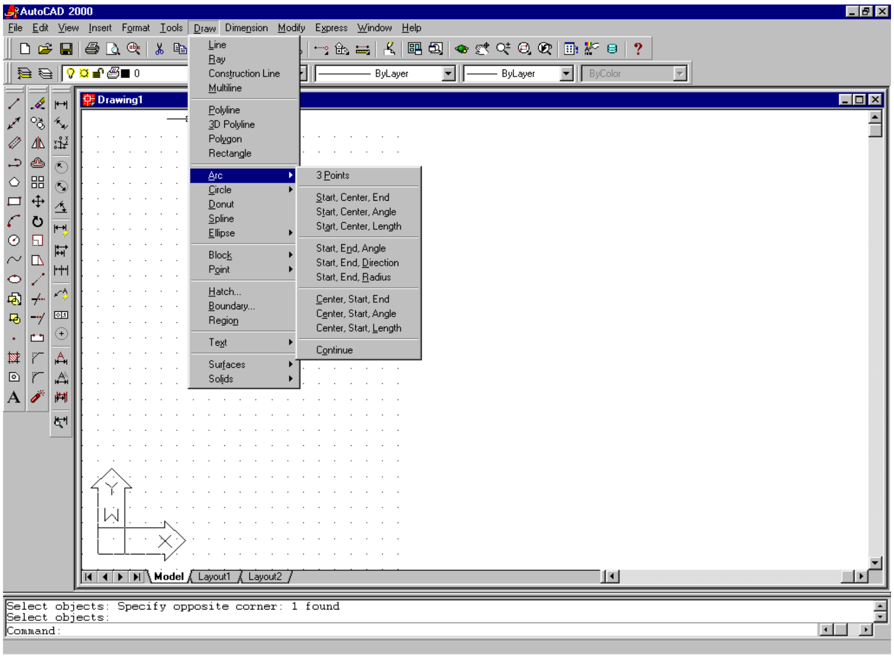
From point : ….. dan seterusnya.

Untuk membuat lingkaran dilakukan

Command : Circle (enter)

………….. : …….lanjutkan.

Klik salah satu knop ikon pada *tools-bar*, kemudian kursor tarik ke layar gambar, selanjutnya. Kita dapat melanjutkan perintah atau menu yang kita klik tadi. Icon (symbol gambar) menu pilihan pada tools-bar dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 2.12 Sub menu

1. Menggambar Garis Lurus (Line) ()

Line adalah sebuah perintah untuk membuat garis lurus. Line dimulai dari titik awal sampai titik berikutnya. Ada beberapa pilihan atau sisitem untuk membuat gambar garis lurus ini, yaitu.

Sistem koordinat absolut

Sistem koordinat relatif

Sistem koordinat pollar

a. Sistem koordinat atau kartesian absolut

Menggambar garis dengan sistem koordinat absolut, dilakukan dengan menggunakan sistem koordinat x,y dengan jarak dari satu titik lainnya berdasarkan koordinat x,y masing-masing. Cara membuat garis dengan sistem koordinat absolut tersebut adalah sebagai berikut :

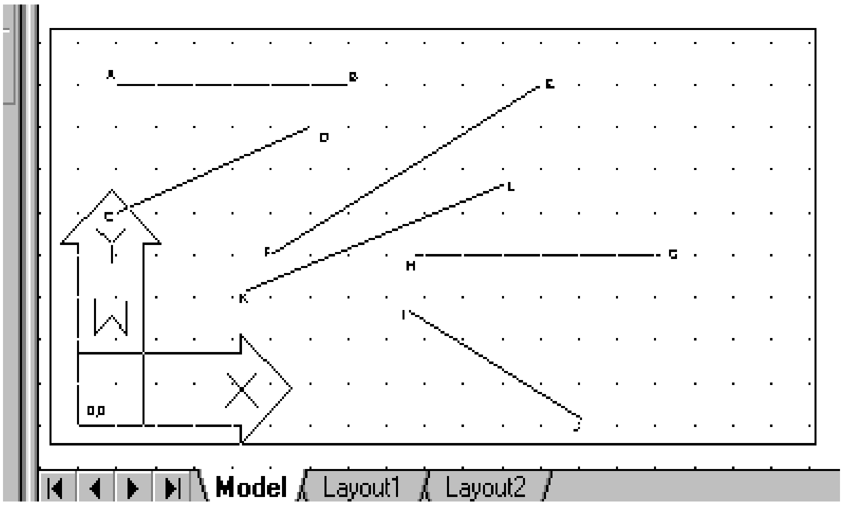
Setelah dipilih menu LINE, baik dengan cara diklik pada menu maupun pada icon line atau dapat juga dengan mengetikkan L pada keyboard, enterla. Pada *command* line terdapat :

Command : LINE (enter)

From point : 20,90 (x=20 unit dan y=90 unit) Enter

To point : 80,90 (x=80 dan y=90) (enter), dan enter lagi untuk mengakhiri garis.

Contoh menggambar garis dengan menggunakan sistem koordinat absolut (lihat gambar 2.13 berikut).



Gambar 2.13 Menggambar garis dengan sistem koordinat absolut

1) Garis AB

   Command : L   (enter)

   From point : 20,90 (enter)

   To point   : 80,90 (enter), enter lagi untuk mengakhiri garis.

2) Garis CD

   Command : L   (enter)

   From point : 20,60 (enter)

   To point   : 70,80   (enter), enter, maka terbentuklah garis CD

3) Garis EF

   - Command : L   (enter)

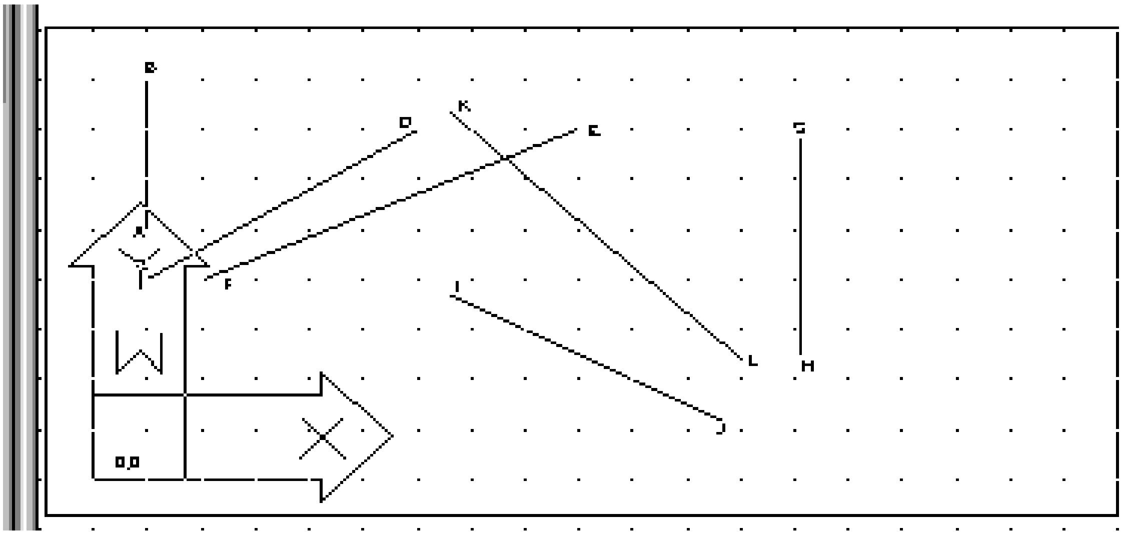
- From point : 130,90 (enter)
- To point   : 60,50   (enter), enter, maka terbentuklah garis EF

Lakukanlah hal yang sama untuk garis G-H, I-J dan K-L.

b. Sistem Koordinat Relatif

Penggambaran dilakukan tidak mengacu kepada titik awal penggambaran. Ciri utama simbolnya adalah @x,y. Nilai x dan y hanya untuk menentukan nilai panjang koordinat terhadap sumbu x dan y.

Contoh menggambar garis dengan sistem koordinat relatif, lihat gambar 2.14 di bawah ini :



Gambar 2.14 Menggambar garis dengan sistem koordinat relatif

1) Garis AB

   Command   : Line   (enter)

   From point   : 20,60   (enter)

   To point   : @ 0,30 (enter), enter untuk mengakhiri garis.

2) Garis CD

   Command : L (enter)

   From point : 20,50 (enter)

   To point : @ 50,30 (enter), enter

3) Garis EF :

   Command : L (enter)

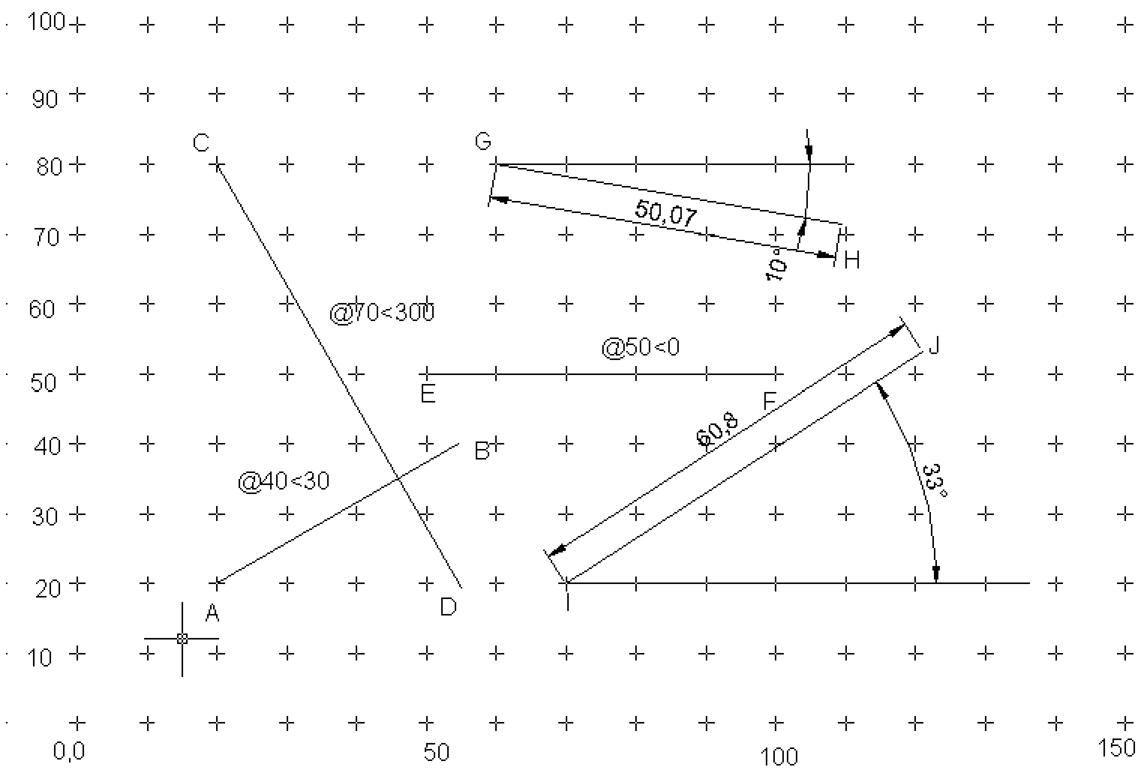
From point : 100,80 (enter)

To point : @-70,-30 (enter), enter

Lanjutkan membuat garis dengan sistem koordinat relatif ini untuk garis K-L-,G-H dan I-J.

c. Sistem Koordinat Polar

Untuk membuat garis dengan sistem koordinat polar, kita harus menentukan titik awal, kemudian panjang garis dan sudut arahnya, atau disimbolkan dengan @ x < ….(besar sudut). X adalah panjang garis penggambaran. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar di bawah ini



Gambar 2.15 Menggambar garis dengan sistem koordinat polar

1) Garis A-B

Command : Line (enter)

From point : 20,20 (enter)

To point : @ 40 < 30 (enter), enter

2) Garis C-D

Command : Line (enter)

From point : 20,80 (enter)

To point : @ 70 < 300 (enter), enter

3) Garis E-F

Command : Line (enter)

From point : 50,50 (enter)

To point : @ 60 < 0 (enter), enter

Sudut arah dari system koordinat polar ini adalah berlawanan dengan arah jarum jam, yaitu 0^{o} arah garisnya mendatar ke kanan. 90^{o} vertikal Ke atas, 180^{o} mendatar ke kiri, dan 270^{o} vertikal ke bawah. Jika arahnya ingin searah dengan arah jarum jam maka kita harus memasukkan tanda negatif (—) pada sudut arahnya. Misalnya, untuk membuat garis CD pada gambar 2.15 di atas adalah sebagai berikut:

Command : Line (enter)

From point : 20,80 (enter)

To point : @ 70 < –60 (enter), enter.

Lanjutkan membuat garis dengan sistem koordinat polar ini untuk membuat garis G-H dan I-J pada gambar 2.16 di atas.

Untuk gambar teknik, sistem yang digunakan tidak terpaku pada salah satu sistem saja, kita dapat menggunakan sistem lain yang sesuai dengan kebutuhan.

d. Mengakhiri Garis

Untuk mengakhiri garis dan melanjutkan ke garis lain secara terputus pada saat titik terakhir kita enter dan enter kembali untuk mengakhiri garis sebagaimana pada contoh di atas. Untuk gambar-gambar garis yang bersambungan satu sama lain dan di akhiri dengan garis yang

tertutup, pada garis yang terakhir dapat kita gunakan perintah *Close* (C) pada akhir langkah, yaitu sebagai berikut:

Command : Line (enter)

From point : ....

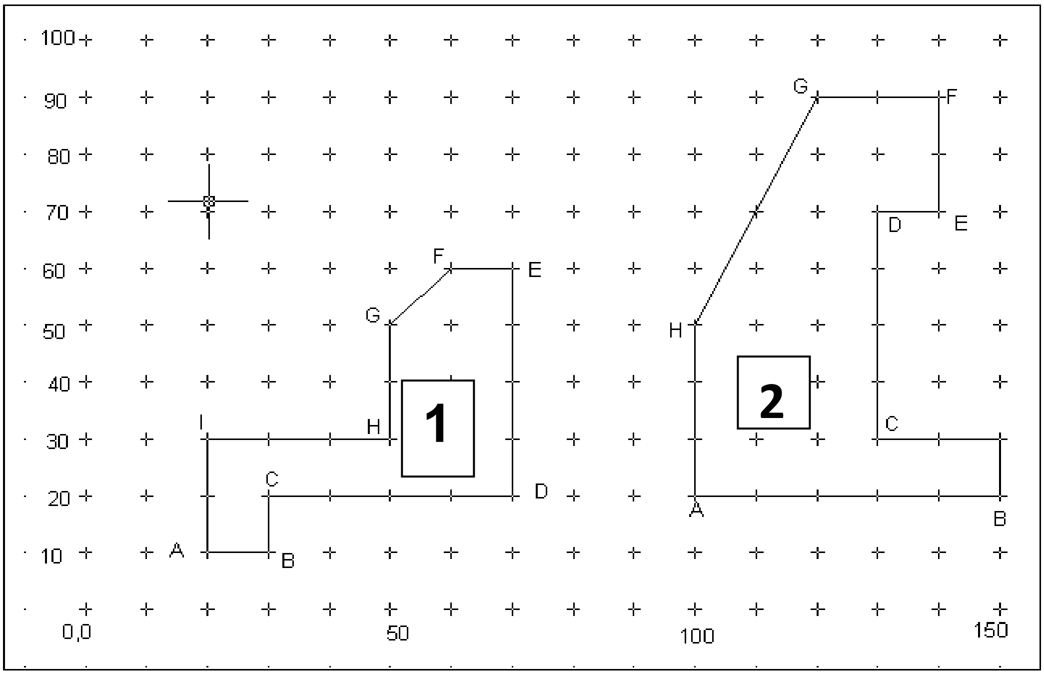
To point : ....

To point : ....

To point : ....

To point : C (close) enter, maka tertutuplah garis terakhir

Menggambar garis yang bersambung dan tertutup dengan menggunakan sistem koordinat absolut, relatif, dan polar yang dapat dilihat pada contoh berkut.



Gambar 2.16 Menggambargaris tertutup (bidang*)*

Contoh 1:

Membuat garis dengan koordinat absolut,(lihat gambar 2.16 di atas) !

Command : line (enter)

From point : 20,20 (terdapat pada titik A dalam gambar nomor 1)

To point : 30,20 (enter) ………. titk B

To point : 30,30 (enter) ………. titk C

To point : 70,30 (enter) ………. titk D

To point : 70,70 (enter) ………. titk E

To point : 60,70 (enter) ………. titik F

To point : 50,60 (enter) ………. titik G

To point : 50,40 (enter) ………. Titik H

To point : 20,40 (enter) ………. titik I

To point : C (enter) menutup /bersambung kembali ke titik awal, (untuk mengakhiri garis di enter kembali). Maka tampaklah bentuk garis seperti pada gambar 2.16 nomor 1)

Contoh 2 :

Membuat garis dengan sistem koordinat polar (lihat gambar nomor 1 pada gambar 2.16)

Command : line (enter)

From point : 20,20 (enter) ……… terdapat di titik A

To point : @10,0 (enter) ……… titik B

To point : @0,10 (enter) ……… titik C

To point : @40,0 (enter) ……… titik D

To point : @0,40 (enter) ……… titik E

To point : @–10,0 (enter) ……… titik F

To point : @–10,–10 (enter) ……… ttik G

To point : @0,–20 (enter0 ………titik H

To point : @–30,0 (enter) ……… titik I

To point : C (enter) ……… kembali ke titik A kemudian enter kembali untuk mengakhiri garis, sehingga tampaklah gambar nomor 1 di atas.

Contoh 3 :

Membuat garis dengan sistem koordinat polar (lihat gambar 2.16 nomor 1 pada gambar 2.16)

Command : line (enter)

From point : 20,20 (enter) ……… titik A terdapat sebagai titik awal

To point : @10<0 (enter) ……… titik B

To point : @10<90 (enter) ……… titik C

To point : @40<0 (enter) ……… titik D

To point : @40<90 (enter) ……… titik E

To point : @10<180 (enter) ……… titik F

To point : @–10,–10 (enter ………ttik G, jika menggunakan sistem pollar kita harus menghitung dahulu panjangnya dan sudutnya sehingga operasinya lebih lama.

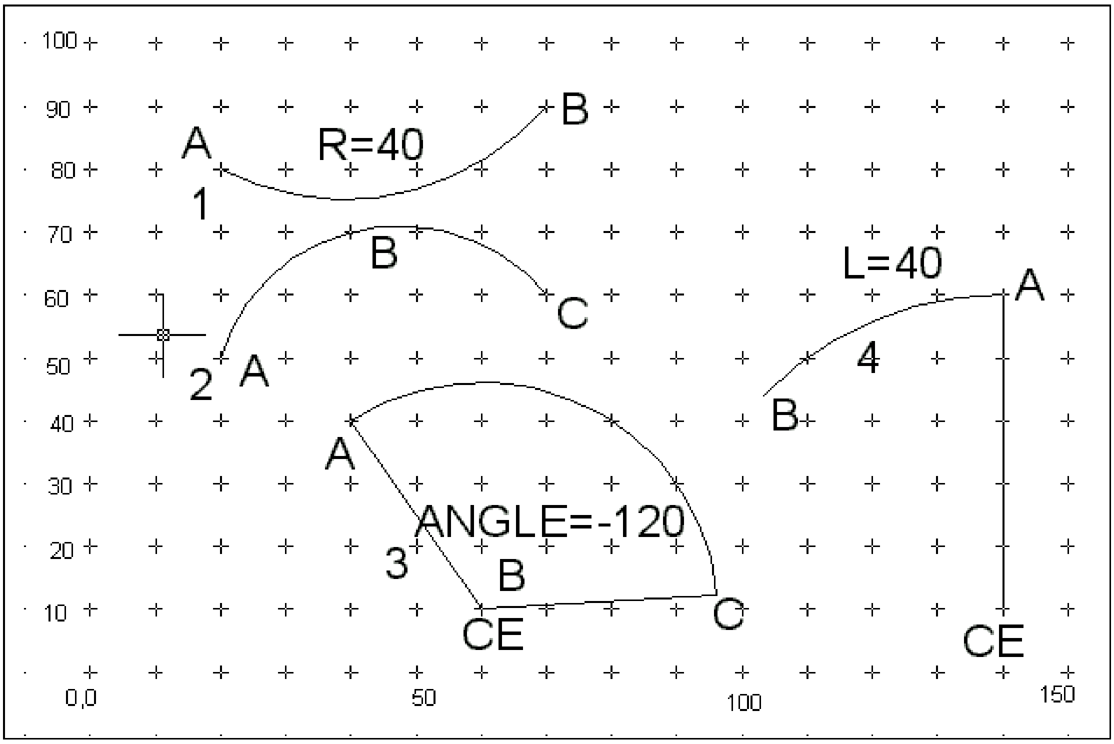
To point : @20<270 (enter) ………titik H

To point : @30<180 (enter) ……… titik I

To point : C (enter) ……… kembali ke titik A, dan terbentuklah gambar 1 di atas.

2. Menggambar Garis Lengkung

Pada auto-CAD, lengkungan dibentuk dengan beberapa pilihan, di antaranya berdasarkan busur lingkaran (ARC) yang terdiri dari macam-macam pilihan, yaitu :



Gambar 2.17 Garis lengkung (Arc)

a. Lengkungan dengan urutan berikut.

1) Start point, End, Radius
2) Start point, second point, end poind
3) Start point, center, angle
4) Center, Start, lenght
5) Start, Center, end
6) Center, start, end
7) Center, start, angle
8) Center, start, length

Lengkungan dengan urutan : Start, End, radius

Lengkungan dengan urutan di atas dapat dibuat jika diketahui

a) Titik start
b) Titik akhir
c) Ukuran jari-jari (R)

Contoh : lihat gambar 2.17 nomor 1

a). Titik start berada pada koordinat x,y (20,80) yaitu titik A

Titik B berada pada koordinat x,y (60,90)

Panjang/ukuran jari-jari R = 40

Cara membuat lengkungan tersebut adalah sebagai berikut :

a) Command : ARC (enter)
b) Center/start : klik di A, atau dapat juga kita masukkan koordinatnya 20,80 (enter)
c) Center/End/(second point) : End (enter)
d) End point : Klik di B, atau dapat juga kita masukkan koordinatnya yaitu 60,90 (enter)
e) Angle/Direction/Radius/(center point) : R (enter)
f) Radius : 40 (enter), maka terbentuklah lengkungan seperti terlihat pada gambar 2.17 nomor 1 di atas.

. Lengkungan dengan urutan : start point, second point, end point.

Untuk menggambar lengkungan yang melalui tiga titik dapat dilakukan sebagai berikut (lihat gambar 2.17 nomor 2)

a) Command : ARC (enter)
b) Center/ (start point) : 20,50 (enter) atau klik di A
c) Second point : @20,20 (enter) atau klik di B
d) End point : @30,–10 9enter) atau klik di C, maka terlihatlah gambar seperti gambar 2.17 nomor 2 di atas.

b. Lengkungan dengan urutan : Start, center ,dan angle

Dari gambar 3.6 nomor 3 di atas diketahui :

1) Titik start berada pada koordinat x,y (40,40)

2) Centernya berada pada titik B dengan koordinat x,y (60,10)

3) Angle (suduynya) 120^{o} ke kanan atau –120

Cara membuat lengkungan di atas adalah sebagai berikut :

1) Command : ARC (enter)
2) Center/(start-point) : 40,40 (enter) atau klik di titk A
3) Center/end/(second point) : center (enter)
4) Center point : klik di titik B atau dapat juga dengan cara memasukkan koordinat x,y-nya yaitu 60,10 (enter)
5) Angle/Length of chord/ (end point) : A (enter)
6) Angle : –120 (enter), tanda negatif menunjukkan arahnya ke kanan sehingga terbentuklah gambar seperti terlihat pada gambar lengkungan 2.17 nomor 3

c. Lengkungan dengan urutan : Center, start dan length

Untuk menampilkan garis lengkung dengan urutan center, start, length gambar 3.6 nomor 4 di atas dilakukan sebagai berikut.

1) Command : ARC (enter)
2) Center/(start) : center (enter)
3) Center point : klik di CE atau dapat juga masukkan koordinatnya (120,20) enter.
4) Angle point : @50 < 90 (enter) atau klik di titik A
5) Length : 40 (enter), maka terbentuklah lengkungan seperti terlihat pada gambar 2.17 nomor 4 di atas.

3. Menggambar Elips

Pada Auto-CAD gambar elips dapat dibentuk dengan beberapa pilihan yaitu berdasarkan

a) panjang sumbu mayor dan sumbu minor
b) sumbu mayor dan putaran
c) jarak pusat pada sumbu mayor dan minor
d) jarak pusat pada sumbu mayor dan putaran

a. Membuat elipse berdasarkan : panjang sumbu mayor dan minor

Caranya yaitu sebagai berikut

1) Command : Ellips (enter)
2) (axis and point)/center : klik di titik A, atau masukkan koordinatnya (enter)
3) axis end point 2 : klik di titik B
4) (order axis distance)/Rotation : klik titik di titik C atau masukkan jarak 0–D (enter)

Maka terbentuklah elipse seperti terlihat pada gambar 2.18 di bawah.

b. *Membuat elips berdasrkan sumbu mayor dan putara.*:

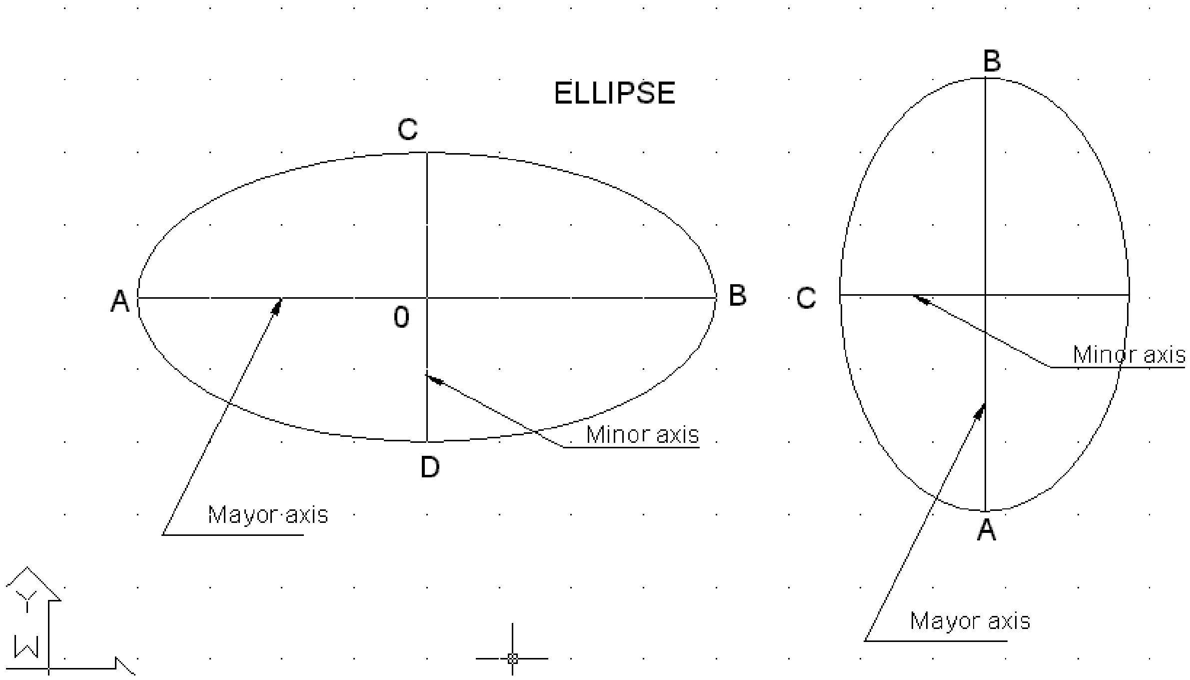
1) Command : Ellips (enter)
2) Axis end point 1)/center : Tentukan titik 1 (klik), atau tentukan koordinatnya (enter)
3) Axis end point 2 : tentukan letak titik 2 (klik)
4) (order axis distance)/rotation : R (enter)
5) Rotation around mayor axis : masukkan sudut putarnya (enter)

Maka terbentuklah elips tersebut.

c. Elips berdasarkan, jarak center terhadap sumbu mayor dan minor.

Caranya adalah sebagai berikut :

1) Command : *Ellipse* (enter)
2) (axis end point 1)/ center : C (enter)
3) Center of ellipse : klik di titik O, atau tentukan rtitik koordinatnya, kemudian (enter)
4) Axis end point : klik di titik A, atau tentukan koordiant titik A (baik secara absolut, relatif atau polar) kemudian enter.
5) (Order axis distance axis distance)/Rotation : R (enter)
6) Rotation around mayor axis : Masukkan sudutnya kemudian enter. Terbentuklah elips tersebut. Jika sudut putarannya O, elips akan membentuk lingkaran, dan jika sudutnya 90, elips akan menyerupai sebuah garis. Jadi ellipse dapat dibentuk dengan sudut putar lebih besar dari O dan lebih kecil dari 90

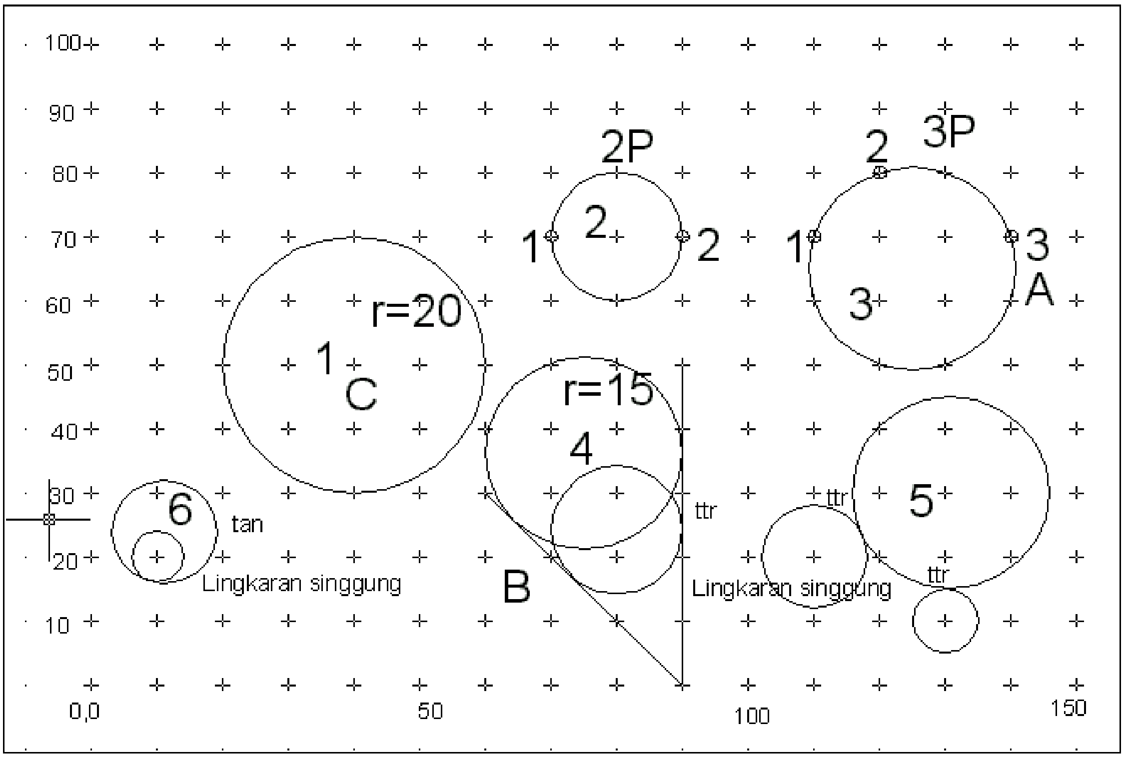


Gambar 2.18 Menggambar elips

4. Membuat Gambar Lingkaran Circle

Circle adalah perintah untuk membuat lingkaran. Ada beberapa pilihan untuk membuat lingkaran pada Auto-CAD, yang berdasarkan :

a) Titik dan ukuran jari-jari (pilihan R)
b) Titik pusat dan ukuran diameter (pilihan D)
c) Lingkaran yang melalui 2 titik (2P)
d) Lingkaran yang melalui 3 titik (3P)
e) Lingkaran singgungan pilihan TR atau TTR



Gambar 2.19 Menggambar lingkaran

a. Membuat Lingkaran Berdasarkan Titik Pusat, Jari-Jari, atau Diameter

Untuk menggambar hal ini, perintahnya yaitu :

1) Command : Circle, atau ketikkan C kemudian (enter)
2) 3P/2P/TTR (center point) : tentukan titik pusatnya : dapat dilakukan di sembarang tempat, yaitu dengan mengarahkan kursor pada tempat tertent.u Kemudian diklik atau dapat juga dengan menentukan koordinat x,y misalnya 40,60 (enter) lihat gambar 2.19 nomor 1
3) Diameter (Radius) : pilih r untuk menentukan besarnya jari-jari, atau pilih D untuk menentukan besarnya diameter, jika dipilih R (enter)
4) Radius : 20, (ukurlah jari-jarinya 20 mm) kemudian enter maka terbentuklah gambar 2.19 nomor 1 di atas.
5) Diameter : 40, (ukurlah diameternya = 40 mm) kemudian terbentuklah gambar lingkaran yang berdiameter 40 (lihat gambar 2.19 nomor 1).

b. Menggambar Lingkaran yang Melalui Dua Ttik (2P)

Untuk menggambar lingkaran yang melalui dua titik, perintahnya adalah sebagai berikut :

1) Command : Circle (enter)
2) 3P/2P/TTR (center point) : 2P (enter)
3) First point on diameter : klik di 1 (lihat gambar) atau dapat juga dimasukkan koordinat x,y misalnya 60,70 (enter) lihat gambar 2.19 nomor 2
4) Second point on diameter : klik di 2 (lihat gambar 2) atau dapat juga dimasukkan koordinat x,y ;misalnya : 80,70 (enter), maka terbentuklah lingkaran yang melalui dua titik seperti terlihat pada gambar 2.19 nomor 2

c. Menggambar Lingkaran yang Melalui Tiga Titik (3P)

Untuk menggambar lingkaran yang melalui tiga titik, perintahnya adalah sebagaiberikut

1) Command : Circle (enter)
2) 3P/2P/TTR (center point) : 3P (enter)
3) First point : klik di 1 (lihat gambar 3.7 nomor 3) atau dapat juga dengan dimasukkan koordinat titik x,y misalnya : 90,70 (enter)
4) Second point : klik di 2, atau dengan memasukkan koordinat x,y misalnya : 100,80 (enter)
5) Third point : klik di 3, atau masukkan koordinat x,y-nya, misalnya 120,70 (enter), maka terbentuklah gambar lingkaran yang melalui tiga titik seperti pada gambar 2.19 nomor 3

d. Menggambar Lngkaran Singgung

Untuk membuat lingkaran singgung atau lingkaran yang menyinggung dua buah garis lurus dapat dilakukan sebagai berikut :

(lihat gambar 2.19 nomor 4). Perintahnya adalah sebagai berikut.

1) Command : Circle (enter)
2) 3P/2P/TTR (center point) : TTR (enter)

3) Enter tangen spec : klik digaris tegak, siapkan dahulu garis atau dua buah garis yang akan dilalui lingkaran.
4) Enter second tangen spec : klik di garis lainnya (garis miring)
5) Radius : masukkan ukuran jari-jarinya, misalnya 10, enter ,maka terlihatlah gambar lingkaran yang menyinggung dua buah garis seperti terlihat pada gambar 4. Untuk radius 15 masukkan 15 sehingga membentuk lingkaran yang berukuran jari-jari 15 yang menyinggung dua buah garis seperti terlihat pada gambar 2.19 nomor 4. Lingkaran singgung ini dapat dilakukan pada lingkaran lain (lingkaran menyinggung lingkaran lain seperti terlihat pada gambar 2.19 nomor 5 dan gambar 3. nomor 6). Untuk gambar 2.19 nomor 5 dapat diikuti contoh sebagai berikut :
    1) Siapkan dahulu gambar dua lingkaran (kecil dan besar) lihat gambar 2.19 nomor 5
    2) Command : Circle (enter)
    3) 3P/2P/TTR (center point) : TTR (enter)
    4) Enter tangen spect : klik di lingkaran kecil
    5) Enter second tangen spec : klik di lingkaran besar
    6) Radius : masukkan diameternya, misalnya 15 (menter), maka terbentuklah gambar lingkaran pada gamabr 2.19 nomor 5 di atas.

    Untuk membuat lingkaran singgung yang menyinggung sebuah lingkaran dapat dilakukan pilihan *tan*, kemudian klik dilingkaran dan tentukan besarnya jari-jari, sebelum mengenter posisi lingkaran-singgungnya sesuaikan dahulu dengan posisi dan tempat kursor berada. Lingkaran singgung tersebut akan mengikuti kedudukan kursor, kemudian enter.

5. Segi Banyak Beraturan Atau Polygon

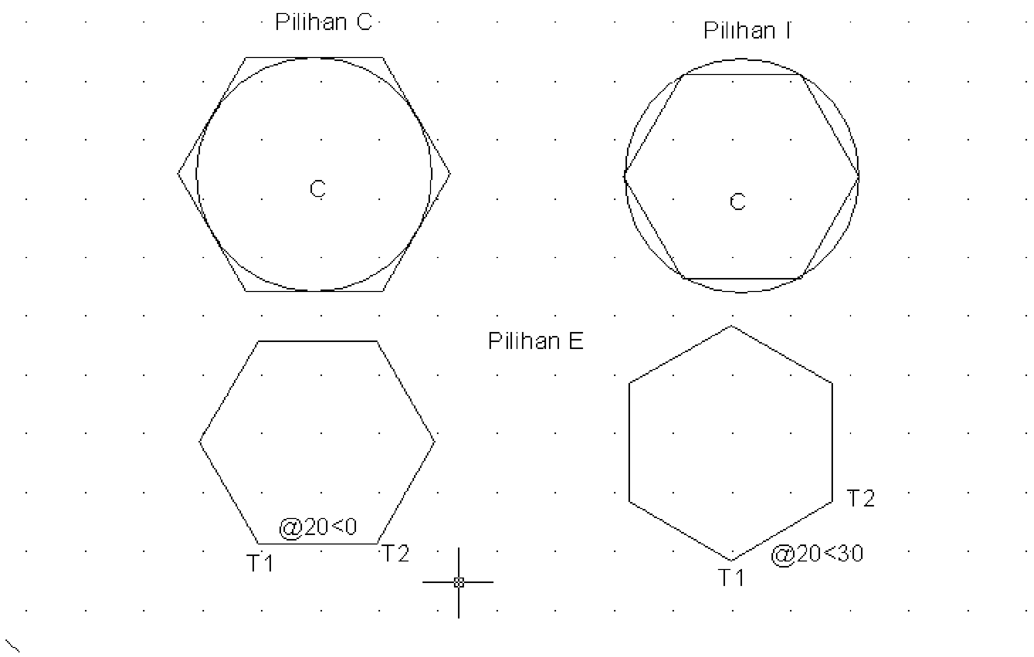
Untuk menggambar segi beraturan atau segi banyak beraturan pada Auto-CAD, kita dapat menampilkan perintah POLYGON. Ada dua pilihan untuk membuat polygon ini yaitu berdasarkan

a) Lingkaran pembagi
b) Panjang sisinya.

a. Segi beraturan berada di luar batas lingkaran pembagi

Untuk menggambar segi beraturan dengan sisi-sisinya berada di luar lingkaran pembagi, adalah sebagai berikut :

Lihat gambar 2.20 berikut :



Gambar 2.20 *Polygon (segi beraturan*)

1) Command : POLYGON (enter)
2) Number of side (4) : ketikan jumlah sisinya, misalnya 6 untuk segi enam beraturan, kemudian enter.
3) Edge/(center of polygon) : Tentukan titik pusatnya, dapat di-klik di tempat yang diinginkannya, atau dapat juga dengan memasukkan koordinat x,y misalnya 70,40 kemudian enter.
4) Incribed in circle/Circumscribed about circle (I/C) : C (enter)
5) Radius of circle : Masukkan ukuran jari-jarinya, misalnya 20, enter, maka terbentuklah gambar segi enam beraturan seperti nampak pada gambar kiri atas.

b. Segi beraturan berada di dalam batas lingkaran pembagi

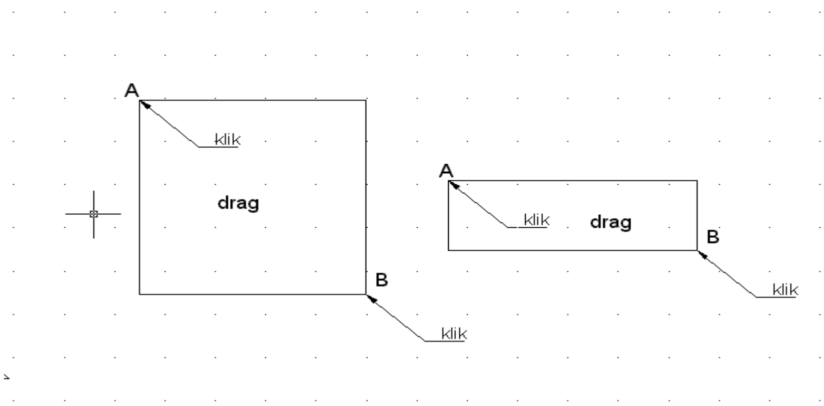
Jika pada langkah 4) di atas dipilih I, maka segi enam beraturan berada di dalam lingkaran pembagi seperti terlihat pada gambar kanan di atas. Untuk membuat segi beraturan yang mempunyai panjang sisi tertentu

bedasarkan panjang sisinya dapat ditampilkan melalui perintah POLYGON seperti berikut :

1) Command : POLYGON (enter)
2) Number of side (4) : 6 (untuk segi enam beraturan), kemudian enter.
3) Edge center of polygon) : E (enter)
4) First end point of edge : klik di T_1 (lihat gambar 3.9) atau dapat juga dengan memasukkan koordinat x,y msalnya 40,10 (enter)
5) Second end point of edge : klik di T_2, atau tentukan panjang dan arah sisinya. Misalnya @20<0 (enter) sehingga nampak gambar seperti gambar di sisi kiri bawah. Sedangkan untuk gambar sisi kanan bawah dapat dimasukkan @20<30 (lihal gambar 2.20).

6. Rectangle

Rectangle adalah gambar segi empat siku-siku yang dibatasi oleh diagonalnya (lihat gambar 2.21) berikut:



Gambar 2.21 Rectangle

Rectangle tersebut merupakan garis yang mempunyai satu kesatuan (entity), jika garis tegaknya dihapus maka semuanya terhapus. Begitu juga bila salah satu garis warnanya diganti dengan warna lain, maka semua garisnya berubah warnanya

Untuk membuat *rectangle* tersebut adalah sebagai berikut : lihat gambar 2.21 di atas !

a. Command : Rec (enter)

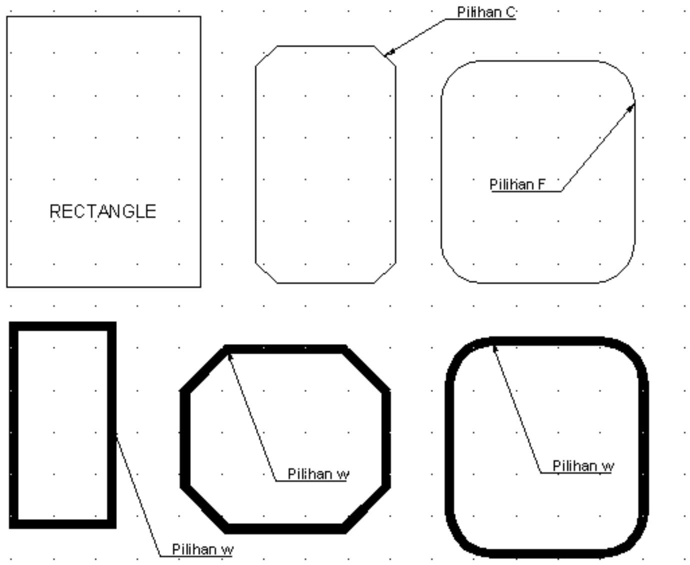
b. Specify first corner or (camfer/elevation/fillet/thickness/width) :Klik di A, atau tentukan koordinatnya kemudian enter.

c. Specify other corner point : klik di B tenrtukan koordinat diagonalnya.

Untuk membuat rectangle ini ada beberapa macam pilihan yaitu :

a. Rectangle dengan camfer
b. Rectangle dengan fillet
c. Rectangle dengan ketebalan (width)
d. Rectangle dengan ketinggian/elevasi
e. Rectangle dengan thicknes.

Lihat gambar 2.22 berikut



Gambar 2.22 *Rectangle*

Keterangan :

Gambar ke: -*Rectangle* yang di gambar pada TOP dengan fillet = 0, C=0 DAN w=0. Jika *rectangle* dipilih *thickness* dan elevasi untuk gambar 2 dimensi perubahannya tidak terlihat.

Gambar ke 2 : *Rectangle* dengan *Camfer* (Distance = 5 unit)

Gambar ke 3 : *Rectangle* dengan *Fillet* (jari-jari = 10 unit)

Gambar ke 4 : *Rectangle* dengan ketebalan Width = 2 unit.

Gambar ke 5 : *Rectangle* dengan w=2 dan C=10

Gambar ke 6 : *Rectangle* dengan W=2 dan F=10

7. Arsir (Hatch)

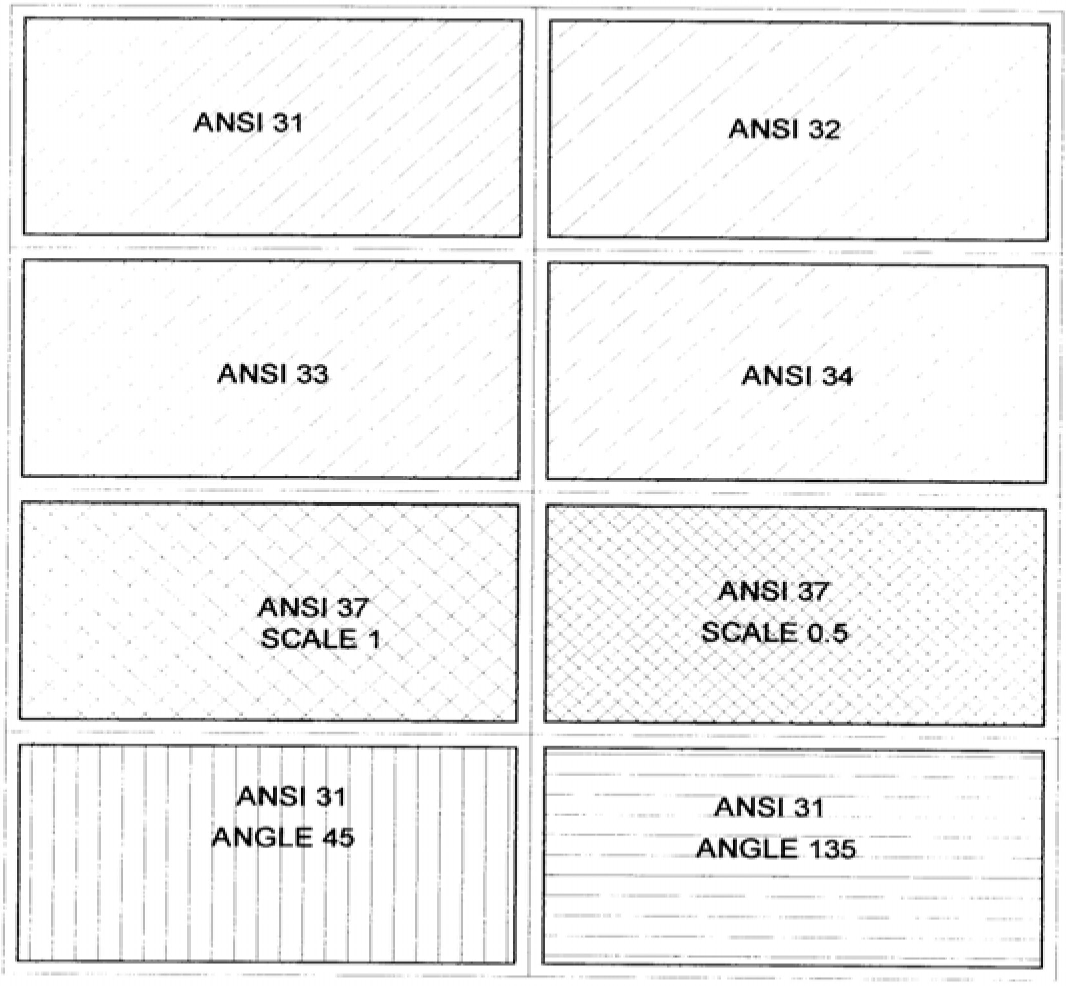
Membuat arsir pada Auto-CAD harus diabatasi oleh garis-garis yang tertutup., Oleh karena itu sebelum, mengarsir kita harus memeriksa garis-garis atau sambungan garis apakah masih ada yang perlu diperbaiki atau garis-garis yang perlu di perbaiki, jika bidang yang diarsir masih ada garis yang terbuka maka arsiran akan bermasalah yaitu ada garis yang keluar menyebabkan gambar kurang bermutu. Jika menggunakan *pict point* arsiran tidak akan berhasil pada bidang yang dibatasi terbuka.

Untuk menampilkan arsiran dapat kita gunakan perintah :

command;

a) Hatch (enter) atau klik icon arsiran yang ada pada menu *draw*, sehingga muncul kotak pilihan seperti gambar 2.22 di atas.
b) Pilih bentuk arsiran yang diinginkan dengan cara mengarahkan kursor dan tekan pada tombol/knop sehingga muncul macam-macam nomor/kode arsiran dan macam bentuk arsirannya.
c) Atur sudut dan skalanya dengan cara mengetikkannya pada *keyboard.* Arahkan kursor pada sudut kanan atas pada knop *pick point* atau select dan klik sehingga kotak dialog hilang dan kembali ke layar gambar.
d) Arahkan kursor pada bidang yang akan di arsir (bila dipilih pick point) atau klik garis-garis batas yang akan diarsir (bila dipilih *select*) sehingga garis-garis batas yang akan di arsir menjadi garis putus putus, kemudian enter.
e) Setelah dienter kembali layar gambar menampilkan kotak dialog, kemudian klik OK, maka bidang yang telah dipilih tadi sudah terarsir.

Macam-macam arsiran dan kode nomornya dapat dilihat pada gambar 2.23 berkut.



Gambar 2.23 Macam macam arsiran

RANGKUMAN

Sistim menggambar garis terdiri atas

1). Sistim koordinat absolute
2). Sistim koordinat relatif
3). Sistim koordinat polar
4). Cara bebas

Menggambar garis di mulai dengan
Command : Line (enter)
Fromp point : x,y (absolute)
To point : @x2,y2 (relatif)
To point :@ 50<30 (polar)
To point : enter (mengakhiri garis)
To point : C (enter) menutup garis
Membuat garis lengkung (Arc), lengkungan dengan urutan

a. Start point, End, Radius
b. Start point, second point, end poind
c. Start point, center, angle
d. Center, Start, lenght
e. Start, Center, end
f. Center, start, end

Membuat lingkaran Circle (C), dengan pilihan :

a) Titik dan ukuran jari-jari (pilihan R)
b) Titik pusat dan ukuran diameter (pilihan D)
c) Lingkaran yang melalui 2 titik (2P)
d) Lingkaran yang melalui 3 titik (3P)
e) Lingkaran singgungan pilihan TR atau TTR

Menggambar Elipse dilakukan dengan pilihan

a) Panjang sumbu mayor dan sumbu minor
b) Sumbu mayor dan putaran
c) Jarak pusat pada sumbu mayor dan minor
d) Jarak pusat pada sumbu mayor dan putaran

Membuat segi banyak beraturan (polygon)

a) Command : POLYGON (enter)
b) Number of side (4) : ketikkan jumlah sisinya,
c) Edge/(center of polygon) : Tentukan titik pusatnya,
d) *Incribed in circle/Circumscribed about circle* (I/C) : C (enter)
e) Radius of circle : Masukkan ukuran jari-jarinya,

Membuat segi empat (rectangle), dengan pilihan

a) Rectangle dengan c=0, f=0 dan W=0
b) Rectangle dengan Camfer
c) Rectangle dengan Fillet
d) Rectangle dengan ketebalan Width

Membuat arsir : Hatch

Command : Hatch Atau klik menu draw , klik hatch, pilih jenis arsiran yang akan di gunakan , klik pick point klik OK, klik pada area yang akan di buat arsir, klik OK

Latihan 6

1. Membuat garis dengan koordinat absolut, seperti berikut :

Command : line (enter)

From point : 20,20

To point : 30,20 (enter)

To point : 30,30 (enter)

To point : 70,30 (enter)

To point : 70,70 (enter)

To point : 60,70 (enter)

To point : 50,60 (enter)

To point : 50,40 (enter)

To point : 20,40 (enter)

To point : C (enter)

2 . Membuat garis dengan sistem koordinat polar

Command : line (enter)

From point : 20,20 (enter)

To point : @10,0 (enter)

To point : @0,10 (enter)

To point : @40,0 (enter)

To point : @0,40 (enter)

To point : @–10,0 (enter)

To point : @–10,–10 (enter)

To point : @0,–20 (enter)

To point : @–30,0 (enter)

To point : C (enter)

2 Membuat garis dengan sistem koordinat polar

Command : line (enter)

From point : 20,20 (enter)

To point : @10<0 (enter}

To point : @10<90 (enter)

To point : @40<0 (enter

To point : @40<90 (enter)

To point : @10<180 (enter)

To point : @–10,–10 (enter

Jjika menggunakan sistem polar kita harus menghitung dahulu panjang dan sudutnya sehingga operasinya lebih lama.

To point : @20<270 (enter)

To point : @30<180 (enter)

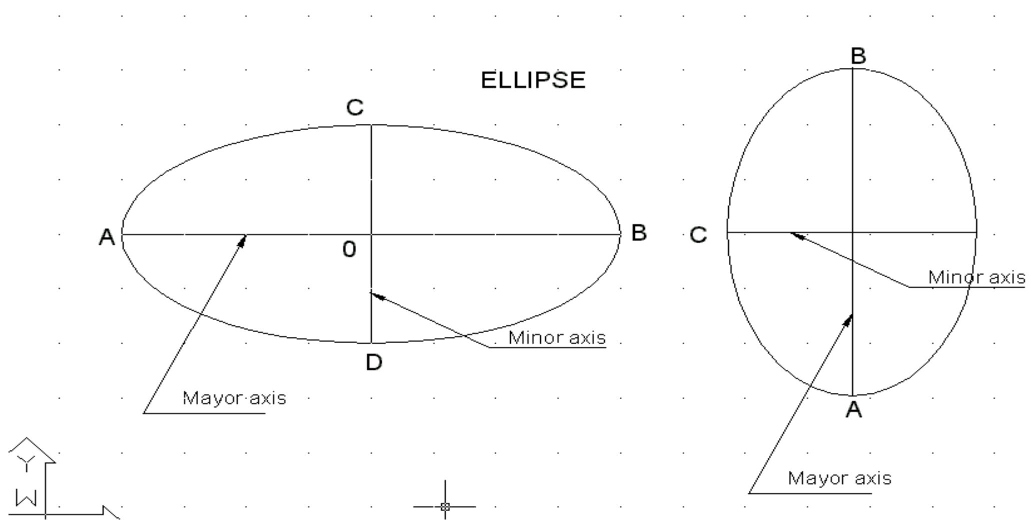
To point : C (enter)

Coba lakukan untuk membuat lengkungan dengan urutan

a) Start, pusat, End
b) Pusat, Start, End
c) Pusat, Start, Angle
d) Pusat, Start, Length.

Buatlah Elipse jika diketahui :

1. Jarak A–B=40 (unit)
   Jarak O–C=40 (unit)
   Jarak O–C=40 (unit)



Petunjuk Pelaksanaan

1. Siapkan komputer dengan program Auto CAD
2. Hidupkan komputer
3. Buka program/layar AutoCAD
4. Klik start, program ,Autocad 2000, Klik Auto CAD 2000
5. Klik metrik untuk memilih satuan

Command : L , untuk membuat garis

Command :arc, untuk membuat garis lengkung

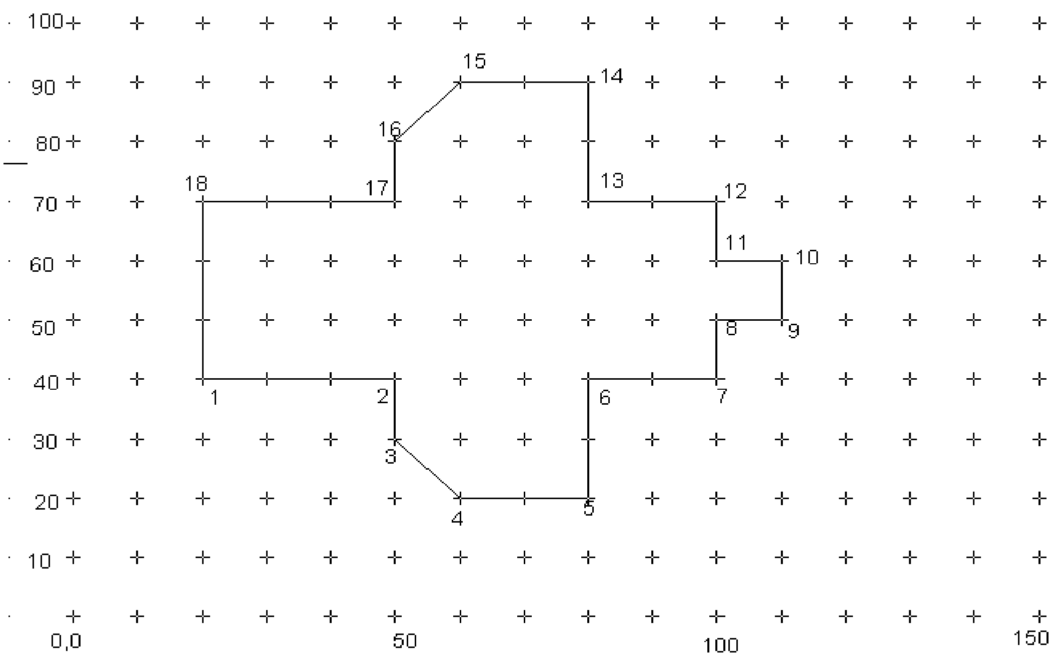
Command : c ,untuk membuat lingkaran

Command : polygon , untuk membuat segi banyak beraturan.

Command : Rec untuk membuat segi empat (rectangle)

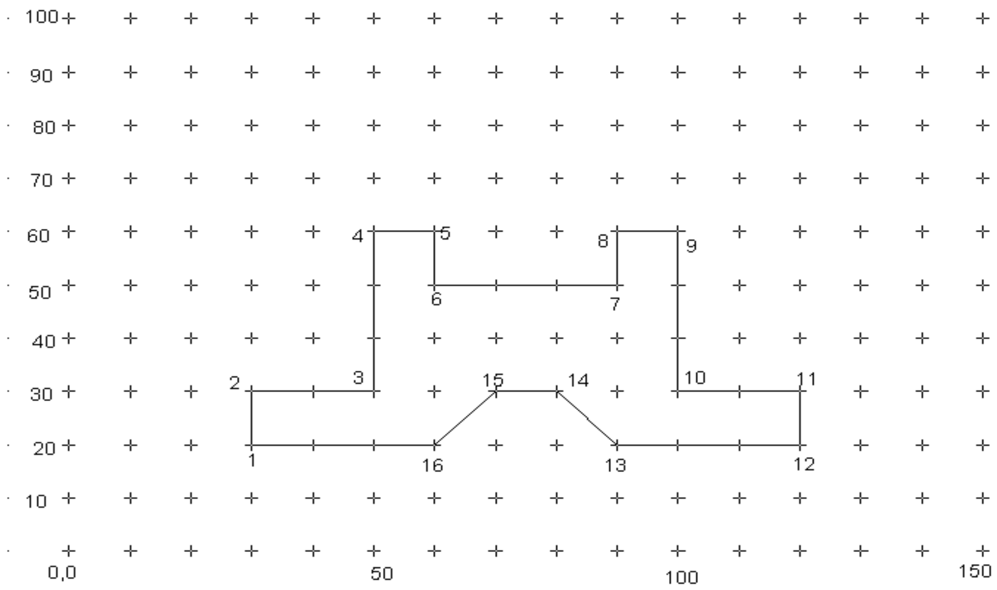
Command ; hatch , untuk mengarsirEVALUASI

3. Buatlah gambar seperti berikut, dan isi tabel programnya



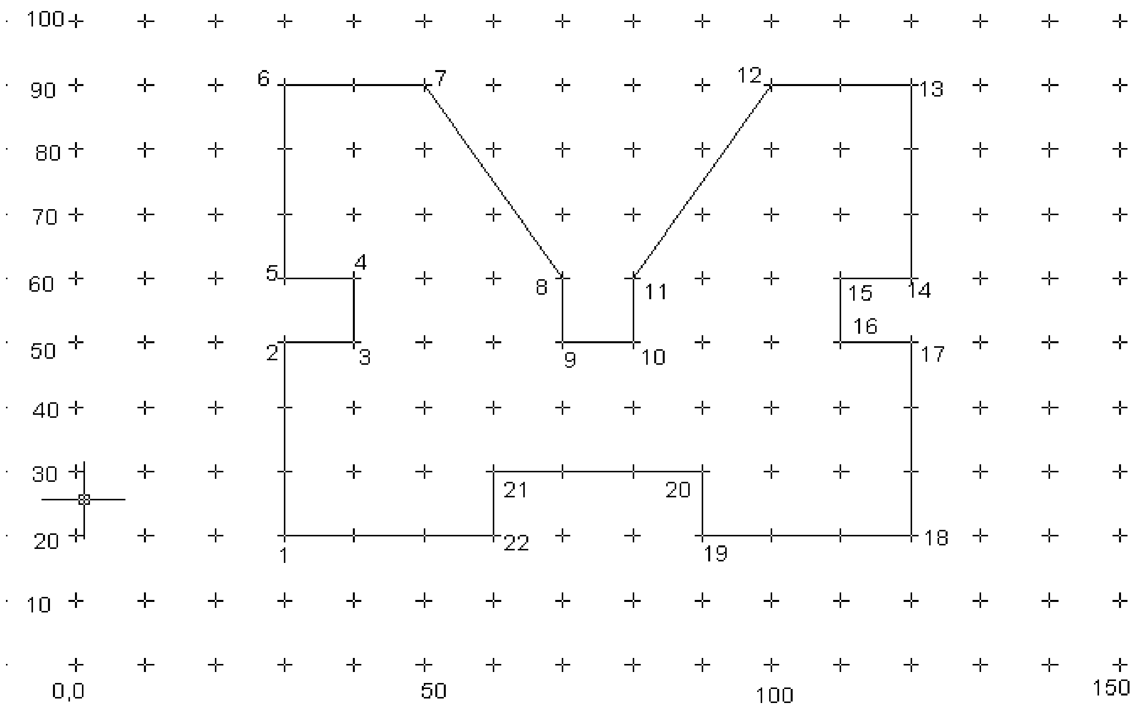
Command : Line (enter) lihat gambar di atas

From Point/ to point	A. Koordinat Absolut	B. Koordinat Relatif	C. Koordinat Polar
1	....	....	....
2	....	....	....
3	....	....	....
4	....	....	....
5	....	....	....
6	....	....	....
7			
8			
9			
10			
11			
12			
1			



Command : Line (enter) lihat gambar di atas !

From Point/ to point	A. Koordinat Absolut	B. Koordinat Relatif	C. Koordinat Polar
1	....	....	....
2	....	....	....
3	....	....	....
4	....	....	....
5	....	....	....
S/d	....	....	....
12	....	....	....
1	....	....	....



From Point/ to point	A. Koordinat Absolut	B. Koordinat Relatif	C. Koordinat Polar
1	....	....	....
2	....	....	....
3	....	....	....
4	....	....	....
5	....	....	....
6	....	....	....
7	....	....	....
8	....	....	....
9	....	....	....
10	....	....	....
11			
12			
13			
Sampai no 22 dan kembali ke no 1			

E. GAMBAR PRODUKSI DAN KONSTRUKSI

Gambar produksi dan konstruksi merupakan gambar teknik yang ditampilkan dalam bentuk gambar dua dimensi, gambar proyeksi orthogonal, berupa pandangan atau penampang dengan ciri-cirinya sebagai berikut :

a) Gambar dilengkapi dengan ukuran (dimensi)

b) Gambar dikerjakan pada lembar kerja dengan ukuran standar

c) Gambar dilengkapi dengan etiket

1. Ukuran (Dimension)

Ada dua jenis dimensi pada Auto-CAD yaitu jenis *Assosiative* dan jenis *normal*, kita dapat memilih salah satu dimensi tersebut sesuai dengan kebutuhan.

a. Dimensi asosiatif

Dimensi asosiatif adalah dimensi yang mempunyai satu kesatuan satu entity, yaitu garis bantu, garis ukur, anak panah dan angka ukurannya satu kesatuan dengan cirinya sebagai berikut .

1) Jika anak panahnya dihapus dengan perintah erase, semua garis ukur dan angka ukurannya terhapus.
2) Jika angka ukurannya dihapus juga, anak panah dan garis ukurannya pun terhapus
3) Begitu juga jika garis ukurannya dihapus, maka anak panah dan angka ukurannya terhapus. Karena hal ini merupakan merupakan satu kesatuan disebut juga satu entity

Untuk memulai dimensi /ukuran dengan jenis Dimensi-Assosiative ini adaalah sebagai berikut :

1) Command : Dimaso (enter)

2) Enter new value for Dimaso (On) : On (enter)

Maka jenis ukuran tersebut telah diprogram /diset . Semua ukuran yang kita kerjakan berikutnya akan mengikuti perintah jenis *dimention assosiative*.

b. Dimensi jenis normal

Dimensi jenis normal adalah dimensi yang tidak mempunyai satu kesatuan sebagaimana pada jenis asosiatif. Jenis normal ini mempunyai ciri : garis bantu/batas dan angka ukuran beserta anak panah yang merupakan *entity* yang terpisah (tidak mempunyai satu kesatuan). Kita tidak dapat membedakan secara langsung, apakah jenis asosiatif atau jenis normal, tetapi kita dapat mengecek dengan cara mengklik angka ukurannya. Jika hanya angka ukuran saja yang aktif sedangkan garis ukur dan anak panahnya tidak aktif, maka dimensi tersebut adalah jenis normal. Dapat juga dilakukan pengecekan secara langsung sebagaimana cara mengecek jenis dimensi asosiatif di atas, yaitu sebagai berikut.

Untuk jenis normal :

Jika angka ukuran dihapus dengan perintah *erase*, yang terhapus hanya angka ukuran, sedangkan garis ukur ,anak panah, dan garis bantunya tidak terhapus.

Jika anak panahnya dihapus, maka hanya anak panah saja yang terhapus, dan dimensi lainnya tidak ikut terhapus sebagaimana pada jenis asosiatif.

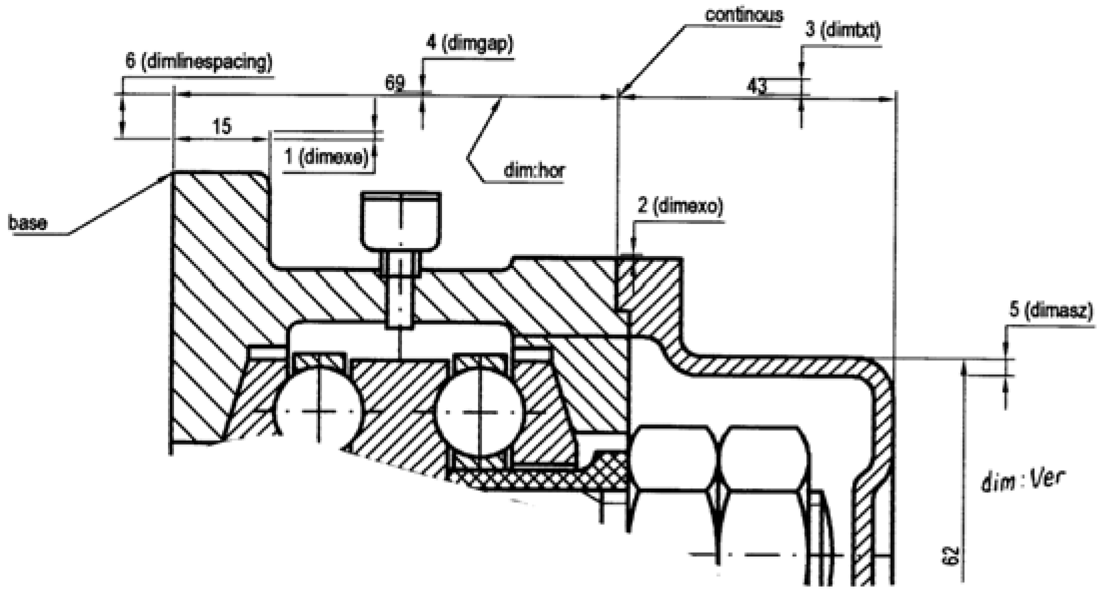
Untuk menampilkan jenis dimensi normal ini cepat atau lambat sebagai berikut :

1) Commnad : Dimaso(enter)

2) Enter new value for Dimaso (On) : Off (enter)

Dengan demikian jenis normal tersebut telah diset (terprogram) untuk pemakaian berikutnya

Dimensi yang kita program ini terdiri atas *entity* atau bagian-bagian tampilan gambar/ukuran seperti gambar berikut :



Gambar 2.24 Dimensi Ukuran

Keterangan Gambar :
1.DIMEXE = Ukuran kelebihan garis batas yang keluar dari garis ukur
2.DIMEXO = Ukuran jarak dari garis bantu ke garis ukur
3.DIMTXT = Ukuran tinggi teks
4.DIMGAP = jarak antara garis ukur dan teks (angka ukuran)
5.DIMAZS = Ukuran panjang anak panah
6.DIM LINE SPACING = jarak dari garis ukur satu ke garis ukur lainnya.

Jika kita ingin mengubah salah satu variabel di atas, misalnya kita akan mengubah ukuran anak panah yang tadinya berukuran 2.5 menjadi 3.0, maka untuk mengubahnya dilakukan hal berikut.

1) Command : DIM (enter)
2) DIM : DIMAST (enter)
3) Enter new value for dimention variable (2.5) : 3.0 (enter)
4) DIM : exit (enter). Ukuran anak panah yang berukuran 3 unit tersebut telah terprogram.

Untuk mengubah variabel yang lainnya lakukan seperti hal di atas. Plilihan lainnya untuk mengubah variabel Dimaso ini dapat dilakukan juga dengan kotak dialog yang telah tersedia yaitu dengan menampilkan DIMSTYLE, sebagai berikut :

Command : Dimstyle (enter), dan muncullah kotak dialog tersebut jika ingin memodifikasi atau merubahnya, maka klik Modify sehingga tampil kotak dialog *modify* . Kemudian, lihatlah apakah angka-angka ukuran tersebut perlu diperbaiki,. Perbaikilah sesuai dengan keinginan kita. Klik OK dan akhirnya kilk *Close*.

Setelah kita selesai mengeset/menyesuaikan ukuran-ukuran (dimensi) di atas, selanjutnya dimensi tersebut dapat kita gunakan. Ukuran pada Auto-CAD dapat ditampilkan dengan cara mengklik *menu Dimension.* Selanjutnya, klik submenu dimension (pilih salah satu yang diperlukan).

Kemudian, dapat juga dilakukan dengan cara mengetikkan pada *keyboard*, yaitu :

1) *Command* : DIM (enter)
2) DIM : ….(ketikkan submenu yang diperlukan) (enter)
   SubDmension terdiri atas
3) Q.DIM
4) Linear
5) Aligned
6) Ordinat
7) Radius
8) Diameter
9) Angular
10) Base line
11) Continous
12) Leader
13) Tolerance
14) Center Mach
15) Oblique
16) Align text
17) Style
18) Overside
19) Up date

2. Mengukur panjang garis dengan Q DIM

a. Command : Q DIM (enter)
b. *Select geometry to dimention* : klik garis yang akan diukur (diberi ukuran)
c. Continous/Baseline/Ordinat/Radius/Datum point/edit/(cotinous) : Tarik kursor pada lokasi yang akan ditempati garis ukur dan kemudian klik.

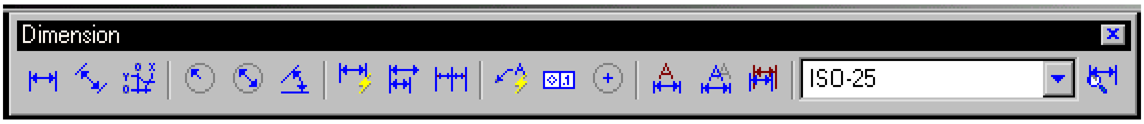
3. Mengukur ke arah mendatar atau vertical

a. Command : DIM (enter)
b. DIM : Hor (untuk mengukur ke arah horizontal), enter
c. First extention line originor return to select : klik titik awal yang akan diberi ukuran
d. Second extentiom line orgin : klik titik kedua
e. Dimention line location (text/angle) : Tarik kursor ke arah lokasi dimensi yang akan ditempatinya dan kilk di tempat tersebut.
f. Dimention text (16) : ukuran yang tercantum dalam kurang (16) sudah sesuai atau belum, jika sudah sesuai enter saja, jika perlu diganti maka ketikan pada keyboard angka yang diinginkannya misalnya 20, kemudian enter.
g. Dim : exit, enter untuk mengakhiri perintah dim tersebut, jika masih menggunakannya enter saja dan kita lanjutkan dengan pengukuran horizontal berikutnya sampai selesai. Jika sudah selesai untuk mengakhirinya,
h. Dim : *exit* , enter atau tekan *Esc* pada *keyboard*,

Untuk mengukur ke arah vertikal :

a) Command : dim (enter)
b) Dim : Ver (enter), selanjutnya lakukan hal yang sama seperti pengukuran pada arah horizontal di atas.

Untuk pengukuran ke arah horizontal dan vertikal secara langsung, dapat juga digunakan menu atau submenu *dimension linear* atau pilihan lainnya dengan menyorotkan kursor pada ikon *dim-hor* atau *dim-ver,* kemudian kilk dan lakukan pengukuran pada objek/gambar yang akan diukurnya. Ikon dimention dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2.25 Dimension

4. Mengukur sesuai dengah arah pengukuran

a. Command : Dim (enter)
b. Dim : ALI (enter), atau ALIGNED (enter)
c. First extention line origin or return to select : klik titik pertama
d. Second extention line origin : klik titik kedua
e. Dimention line location : tarik kursor pada tempat yang akan ditempati ukuran dan klik di tempat tersebut.
f. Dimention text (16) : jika setuju dengan (16) enter saja, jika perlu perubahan : ketikkan angka yang dibutuhkan, misalnya 40 enter.
g. Dim : exit enter untuk mengakhirinya.

5. Mengukur radius suatu lingkaran

a. Command : dim (enter)
b. Dim : radius (enter)
c. Select arc circle : klik busur atau lingkaran yang akan diukurnya
d. Dimention text (5.0) : ketikkan radiusnya (enter)
e. Enter leader length for text : pilih tempat ukurannya dan klik

6. Mengukur diameter

a. Command : dim (enter)
b. Dim : DIA (enter)
c. Select arc or circle : klik busur atau lingkarannya.
d. Dimention text (40) : ketikkan angka (40), tersebut. Jika kita ingin mencantumkan simbol diameter di depan angka 40 yaitu Φ 40, maka pada saat mengetik di atas dimulai dengan % % C 40, maka yang muncul pada ukuran adalah Φ 40, Lambang % % C merupakan simbol untuk mengetik Φ. Setelah di enter maka muncullah ukuran tersebut.

7. Mengukur sudut

a. Command : DIM (enter)
b. Dm : Ang (enter)
c. Select arc, circle, line, or return : klik garis pertama
d. Second line : pilih garis kedua
e. Dimention arc line location (text/angle) : klik/pilih tempat untuk ukurannya,
f. Dimention text (60º) : jika setuju dengan (60º) enter saja. Jika diperlukan perubahan maka ketikkanlah pada keyboard text atau angka ukurannya kemudian enter.
g. Dim : exit, enter (untuk mengakhiri pengukuran tersebut)

8. Mengukur secara pararel ke arah horizontal

a. Command : Dim (enter)
b. Dim : Hor (enter)
c. First extention line origin or return to select : klik titik awal yang akan diberi ukurannya.
d. Second extention location origin: klik garis/titik kedua
e. Dimention line location (text/angle): tarik kursor ke arah lokasi ukuran yang akan ditempatinya dan kilk.
f. Dimention text (20) : jika setuju dengan (20) enter
g. Dim : (enter)
h. Second extention line origin or return to select : klik titik ukuran berikutnya (untuk pengukuran pararel)
i. Dimention text (30) : ketik ukurannya, enter
j. Dim : Bas, dan seterusnya.
k. Dim : exit untuk mengakhiri perintah dim tersebut

9. Mengukur dengan ukuran pararel ke arah vertikal

a. Command : Dim (enter)
b. Dim : Ver (enter) selanjutnya lakukan hal yang sama seperti mengukur pararel ke arah horizontal di atas, dan akhiri perintah dim *exit,* enter

10. Mengukur dengan ukuran berantai (continous) ke arah horizontal

a. Command : Dim (enter)
b. Dim : hor (enter)
c. First extention line origin or return to select : klik titik pertama
d. Second extention line origin : klik titik kedua
e. Dimention line location (text/angle) : tark kursor ke tempat/lokasi ukurannya dan klik.
f. Dimention text (60) ; misalnya 60 enter
g. Dim : Con (enter)
h. Second extentiom line origin or return to select : klik titik berikutnya
i. Dimention text (20) ; misalnya 20 enter, dan seterusnya akhiri dengan ; exit enter

11. Mengukur ke arah vertical secara berantai (continous)

a) Command : Dim 9enter)
b) Dim : Ver (enter), lanjutkan seperti mengukur pada ukuran horizontal di atas dan kemudian :
c) Contoh pada pengukuran berantai pada arah horizontal di atas, akhiri dengan :
d) Dim : exit, enter

12. Mencantumkan tanda ± pada angka ukuran

Untuk angka-angka ukuran yang mempunyai tanda ± misalnya pada angka toleransi umum tanda tersebut dapat ditampilkan dengan cara mengetik %%p kemudian diikuti angka berikutnya. Contoh Pada pengukuran horizontal terdapat dimention text (± 60) : kita ketikan angka/text %%p 60, maka setelah di enter ukuran tersebut menjadi ±60. Jika 80%%p0.02 = 80 ± 0.02, dan seterusnya.

13. Mencantumkan º (derajat) pada ukuran

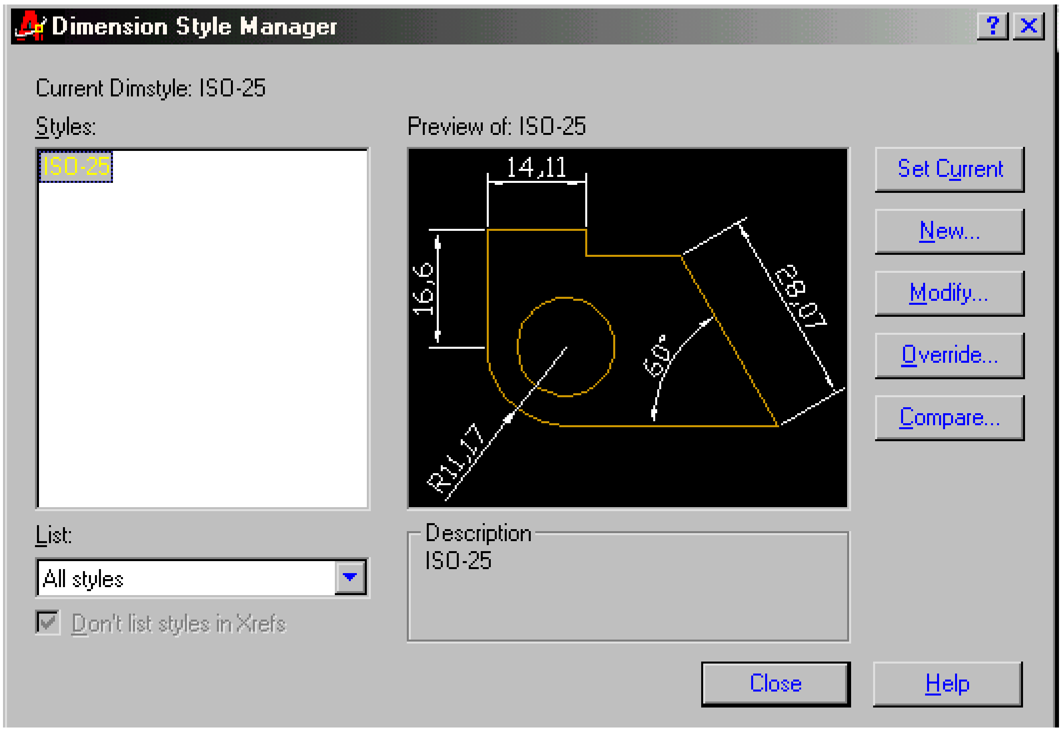
Jika pada seting awal tanda derajat (º) tidak dalam keadaan on , sehingga pada saat mengukur sudut yang tercantum hanya angkanya saja. Maka untuk menambahkan derajat pada angka ukuran tersebut yaitu

dengan cara mengetikan ukuran kemudian diikuti dengan %%d , Misalnya untuk mencantumkan ukuran 45º, maka setelah terdapat dimention text (45): ketikan 45%%d, setelah dienter muncul 45º.

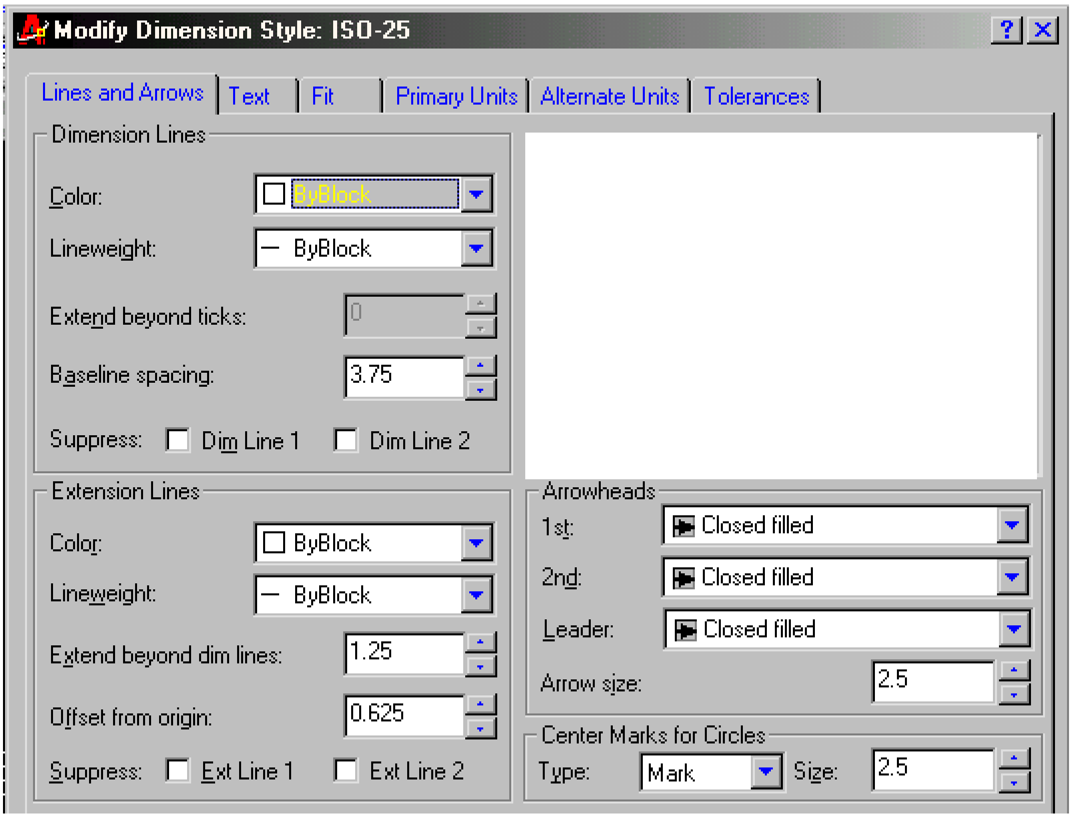
14. Memodifikasi ukuran (dimention)

Jika kita ingin memodifikasi bentuk ukuran, misalnya bentuk huruf yang digunakan, jenis batas penunjuk (arrow, stick, dots dan semacamnya), begitu juga toleransi yang akan ditampilkan pada ukuran.Kita dapat melihat atau memperbaikinya lewat kotak dialog dengan dimulai dari :

Command : *Dimstyle* (enter), setelah di-enter muncul kotak dialog yaitu untuk menentukan jenis angka ukuran, tinggi angka ukuran yang akan digunakan kemiringan, dan bila ingin melihat dimension lebih jauh lagi atau ingin memperbaiki/merubahnya, klik saja *modify* sehingga muncul kotak dialog yang kedua seperti terlihat pada gambar 2.26,



Gambar 2.26 Modifikasi dimensi/ukuran , huruf dan angka



Gambar 2.27 Modifikasi huruf anak panah dan lainnya

Contoh dimensi akan tampil di kotak kanan atau sesuai dengan perubahan-perubahan yang dilakukannya. Di atas kotak dialog terdapat tombol-tombol pilihan yang dapat dilihat atau dimodifikasi dengan cara mengarahkan kursor pada tombol tersebut kemudain klik, sehingga muncul lagi pilhan/kotak dialog berikutnya sesuai dengan pilihannya.

15. Mencantumkan kotak toleransi

Pada gambar kerja yang dilengkapi dengan toleransi bentuk dan ukuran kita dapat menggunakannya lewat perintah

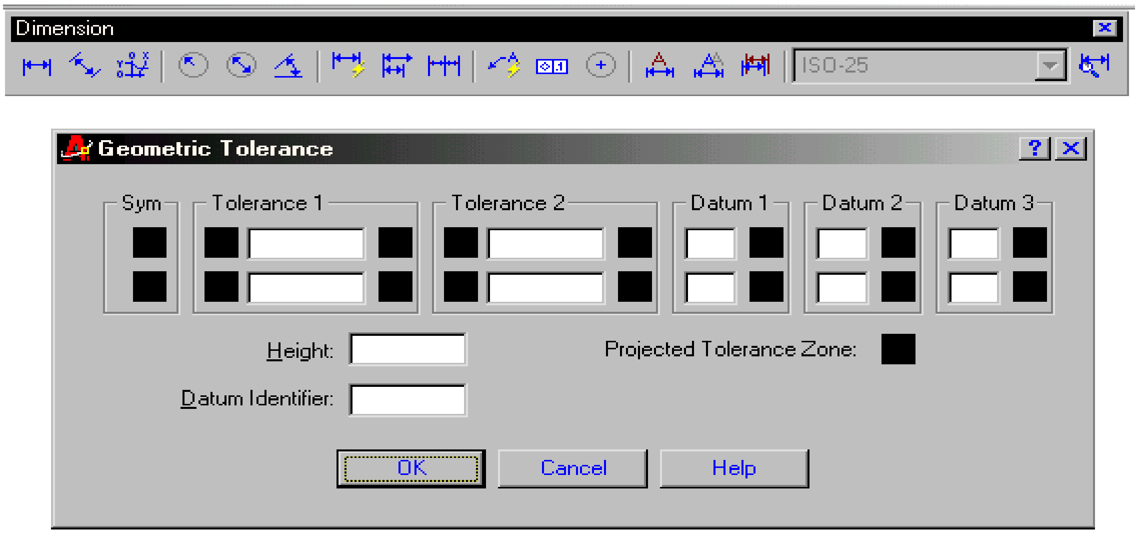
a) Command : Dim (enter)

b) Dim : Tol (enter)

Setelah dienter muncul kotak toleransi yang masih kosong, klik kotak sisi kiri atas, maka muncul macam-macam gambar simbol toleransi bentuk, kemudian kita pilih sesuai dengan kebutuhan pindahkan kursor ke kotak berikutnya dan klik hingga kotak toleransi menjadi

aktif (ada garis hitam berkedip-kedip), ketikkan pada keyboard besarnya toleransi yang akan dicantumkannya, kemudian klik OK.

c) Tarik kursor ke lokasi yang dibutuhkan dan klik di tempat tersebut. Untuk kursor ke lokasi ini dapat kita gunakan leader atau garis lainnya.



Gambar 2.28 Kotak Toleransi

16. Menyimpan gambar dalam block dan memanggilnya kembali (insert)

Untuk gambar-gambar yang biasa digunakan saat kita menggambar biasanya :

a) Tabel
b) Etiket (kepala gambar) menurut versi sendiri / perusahaan atau menurut standar yang digunakan.
c) Simbol-simbol misalnya tanda pengerjaan, tanda proyeksi.
d) Gambar-gambar sambungan : baut, mur, paku keeling atau simbol sambungan las.
e) Gambar-gambar transmisi ; roda sabuk, rantai, roda gigi dan semacamnya.
f) Jika perlu ukuran kertas gambar yang telah diberi garis pinggir beserta etiketnya yang disesuaikan dengan kebutuhan dapat di simpan dalam suatu block tersebut..

17. Cara menyimpan gambar dalam bentuk block

Cara menyimpan gambar dalam bentuk *block* tersebut adalah sebagai berikut :

a) Command : Block (enter)
b) Block name or?) : ketikan nama blocknya
c) Insertion block point : pilih titik penyisipannya misalnya 0,0,0.
d) Select object : pilih objek/gambar yang kan diblok dengan cara di korner.

18. Memanggil gambar dalam bentuk block

Untuk menampilkan gambar dalam bentuk *block* atau yang telah disimpan dalam betuk block dapat kita tampilkan melalui perintah :

a) Command : Insert (enter)
b) Bolck name (or?) : pilih nama yang sesuai dengan nama yang akan ditampilkan, klik OK.
c) Tarik kursor ke tempat penyisipan gambarnya dan klik di tempat tersebut.

Selanjutnya gambar ini dapat di *move*/dipindahkan di-*copy* atau digunakan untuk penggambaran dengan job yang baru, sehingga penyelesaian gambar menjadi lebih efektif dan efisien. Gambar yang di simpan dalam bentuk block ini biasanya menjadi gambar yang satu entity, jika perlu di perbaiki atau di modifikasi gambar tersebut harus di *explode* terlebih dahulu.

19. Layer

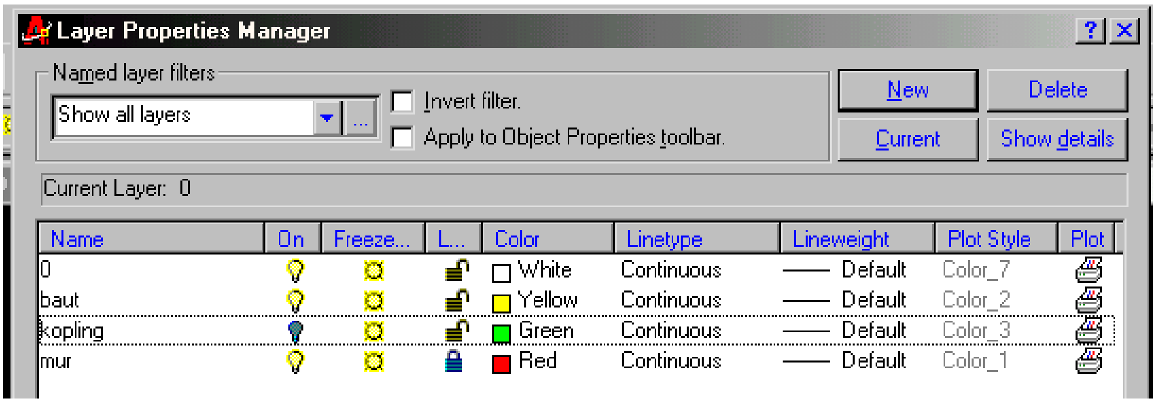
Pada Auto-CAD layer berupa transparan yang dapat dihidupkan dan dimatikan. Layer ini dapat dibuat beberapa buah layer yang tumpang tindih dengan gambar yang aktif, kita dapat membayangkan layer ini berupa kertas gambar teransparan/tembus pandang yang mempunyai gambar-gambar sehingga kita dapat melihat gambar dari atas kertas gambar yang lainnya.

Untuk menggambar mesin layer ini digunakan misalnya untuk garis, garis ukur, garis bantu dan garis sumbu mempunyai layer yang berbeda. Atau untuk gambar-gambar susunan yang terdiri dari beberapa buah gambar detail, gambar detail tersebut digambar pada layer yang berbeda sehingga

kita dapat melihat eksistensi gambar ditail terhadap gambar susunannya apakah pas atau tidak. Layer ini dapat di-*on* atau di-*off*, juga dapat di lock atau dikunci sehingga kita dapat mengedit/menghapus dengan cara erase atau menggantinya dengan warna yang lainnya.

Cara membuat layer tersebut adalah sebagai berikut :

Command : Layer (enter), setelah di-enter maka muncullah kotak dialog seperti gambar di atas :



Gambar 2. 29 Layer

Keterangan gambar :

Layer baut dengan warna kuning

Layer kopling dalam keaadan di off (lihat icon ! lampunya padam) dengan warna hijau

Layer mur dengan warna merah dalam keadaan terkunci (tidak dapat di edit).

Klik new pada tombol kanan atas, sehingga daftar layer menjadi warna biru. Ketikkan nama layer tersebut dengan garis gambar, garis ukur. Untuk mengubah warna, line type, line weigh, kita klik dan kita pilih sesuai dengan keinginan kemudian klik OK yang terdapat di bagian bawah

RANGKUMAN

Ukuran / Dimensiom terdiri atas :

a) Dimension Assosiative dengan cirinya mempunyai satu entity

b) Dimension Normal dengan entity yang terpisah

Untuk mengaktifkan dan memilih dimention di atas :

Command : dimaso (*on* atau *off*)

Mengeset dimension : diawali dengan Command :………..*)

Keterangan *)

1.DIMEXE = Ukuran kelebihan garis batas yang keluar dari garis ukur

2.DIMEXO = Ukuran jarak dari garis Bantu ke garis ukur

3.DIMTXT = Ukuran tinggi text

4.DIMGAP = Jarak antara garis ukur dengan text (angka ukuran)

5.DIMAZS = Ukuran panjang anak panah

6.DIM LINE SPACING = jarak dari garis ukur satu ke garis ukur lainnya

Jenis jenis dimension :

diawali dengan command :dim

dim : ………….*)

Untuk memilih jenis dimension ketikan *) yaitu :

a) Q.DIM
b) Linear
c) Aligned
d) Ordinat
e) Radius
f) Diameter
g) Angular
h) Base line
i) Continous
j) Leader
k) Tolerance
l) Align text

Menampilkan tanda tanda khusus

Tanda (±) dengan mengetikkan %%p

Tanda (Ø) dengan mengetikkan %%c

Tanda (°) dengan mengetikkan %%d

Mengeset dimension dengan dimension *style* manager :

Command : dimstyle

Menampilkan kotak toleransi :

Command : dim

Dim ; Tolerance

Menyimpan gambar dalam bentuk block :

Command : *Block*

Memanggil gambar dalam bentuk block :

Command : insert

Membuat gambar pada layer :

Command : Layer

Latihan 7

1. Buatlah / salinlah gambar dudukan katup *berikut dan cantumkan ukurannya !*

   Dengan ketentuan :

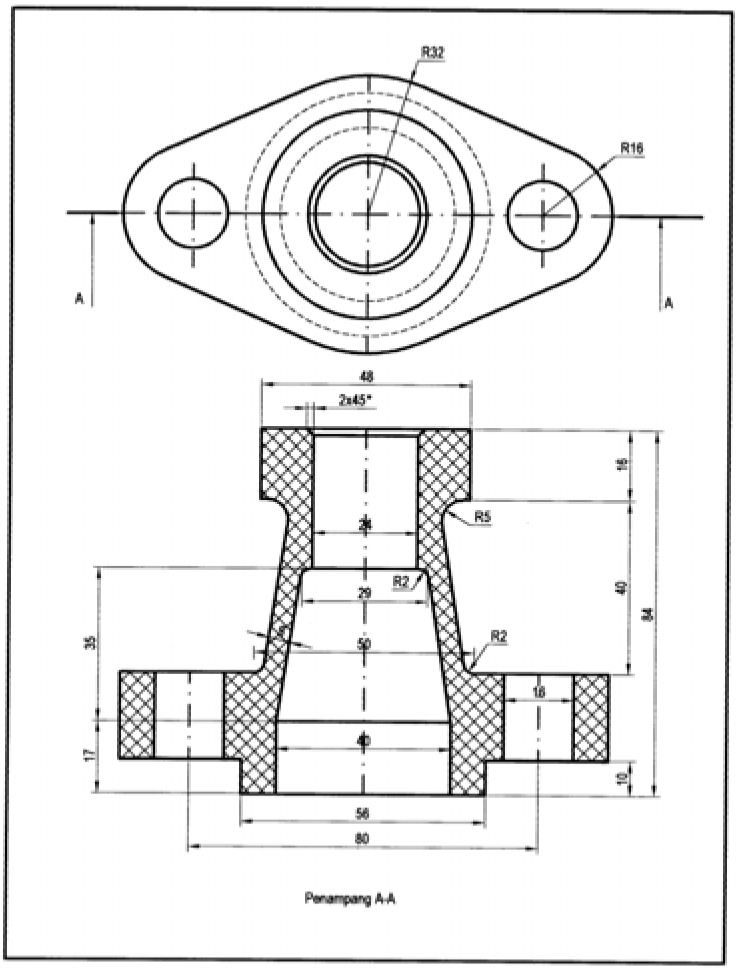
   Skala gambar : 1:1

   Satuan yang digunakan : mm

   Kertas gambar yang akan di gunakan adalah A4 tegak

   Tampilkan grid nya !

   Set limitsnya !



Petunjuk Pelaksanaan

Hitunglah dahulu besarnya limitis dengan rumus :Limits = ukuran garis tepi x skala factor

Tampilkan *grid* untuk memandu gambar

Buatlah gambar dengan garis yang mempunyai bentuk yang sama terlebih dahulu (garis continous)

Gantilah garis garis tersebut dengan garis-garis yang sesuai dengan gambar standar

Gunakan garis gambar dengan warna merah , dalam hal ini untuk membedakan tampilan garis saat menggambar supaya tidak tertukar dengan garis-garis lainnya Caranya :

Command : Change (enter)

Select object : klik garis-garis yang akan dipilihnya (kemudian enter)

…………..: p (ketikkan p pada keyboard) (enter)

…………...: c (ketikkan C untuk memilih warna , C= Color)

…………… 1 atau read (ketikkan angka 1 atau read untuk memilih warna merah, angka dengan kode warnanya dapat di lihat pada gambar berikut :

nomor 1 Merah

Nomor 2 kuning

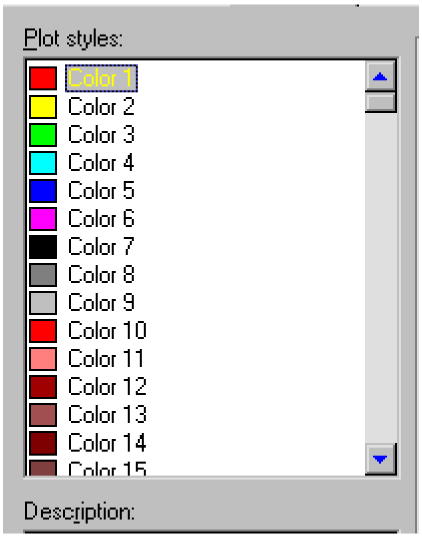
Nomor 3 hijau

Nomor 4 cyan

Nomor 5 biru

Nomor 6 Magenta

Nomor berikutnya dapat di lihat pada gambar berikut



Gambar Macam macam kode nomor dan warnanya

Kemudian di enter , enter sampai garis yang dipilih berubah warnanya

Untuk memilih jenis garis yang lainnya , yaitu garis sumbu dengan warna kuning , lakukan langkah langkah di atas kemudian di akhiri dengan :

…………..: LT (ketikan Lt pada keyboard , LT = line type)

…………..; dashdot (ketikkan dashdot) untuk garis sumbu),

Setelah di enter enter garisnya tidak kelihatan berubah maka hal ini dikerenakan skalanya tidak pas untuk di lihat , maka kita ulangi langkah di atas setelah perintah p kita pilih

……………   : lTscale

…………… : Ketikan skalanya dengan angka lebih besar dari 1 untuk memperbesar tampilan,atau dengan decimal (bertitik) untuk skala pengecilan, setelah di ketikan angka skalanya kemudian enter sampai garis tersebut berubah menjadi garis sumbu yang diinginkan.

Untuk memilih garis gores atau garis strip-strip langkah-langkah di atas di akhiri dengan

……………….: Hidden (pemilihan untuk garis strip-strip/garis gores).

Gunakan DIM : hor (untuk mengukur bagian-bagian yang horizontal)

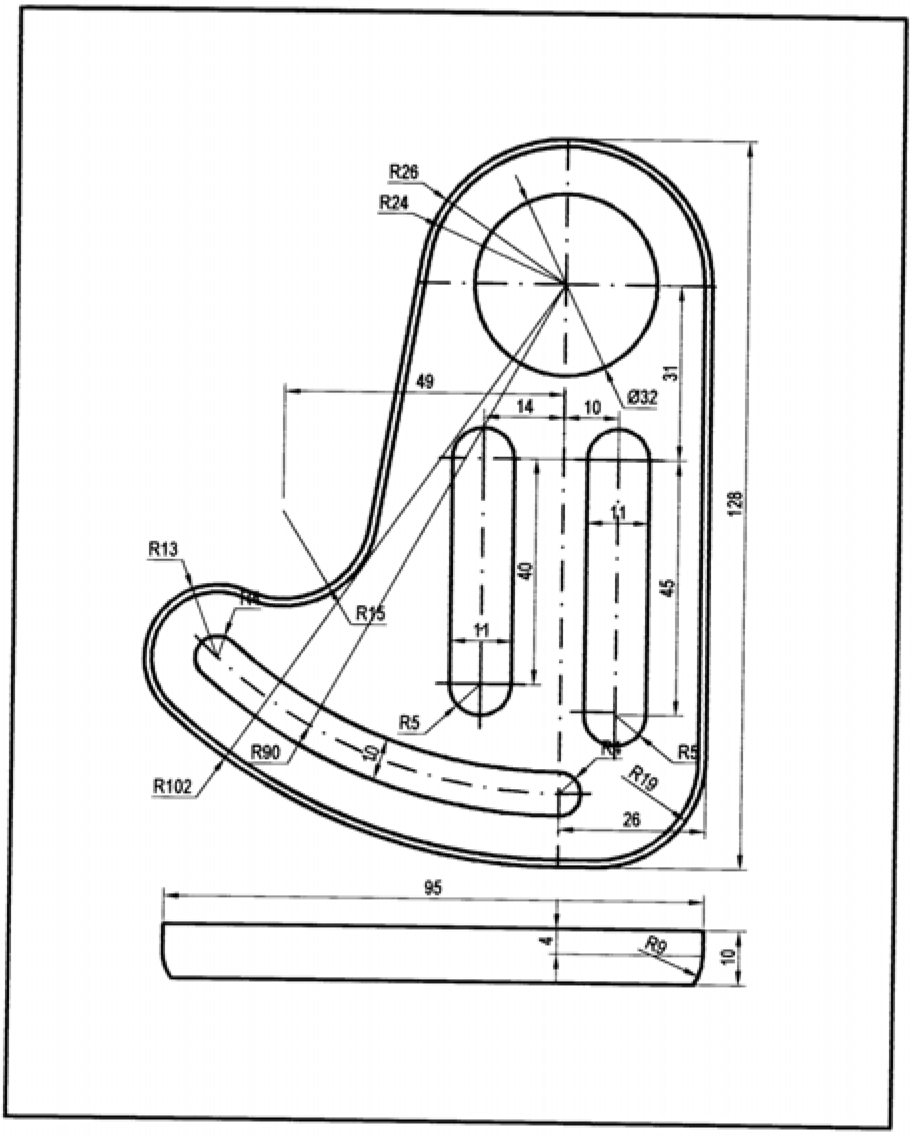
DIM : Ver (untuk mengkur bagian-bagian yang vertical)

Dim : rad (untuk mengukur radius)

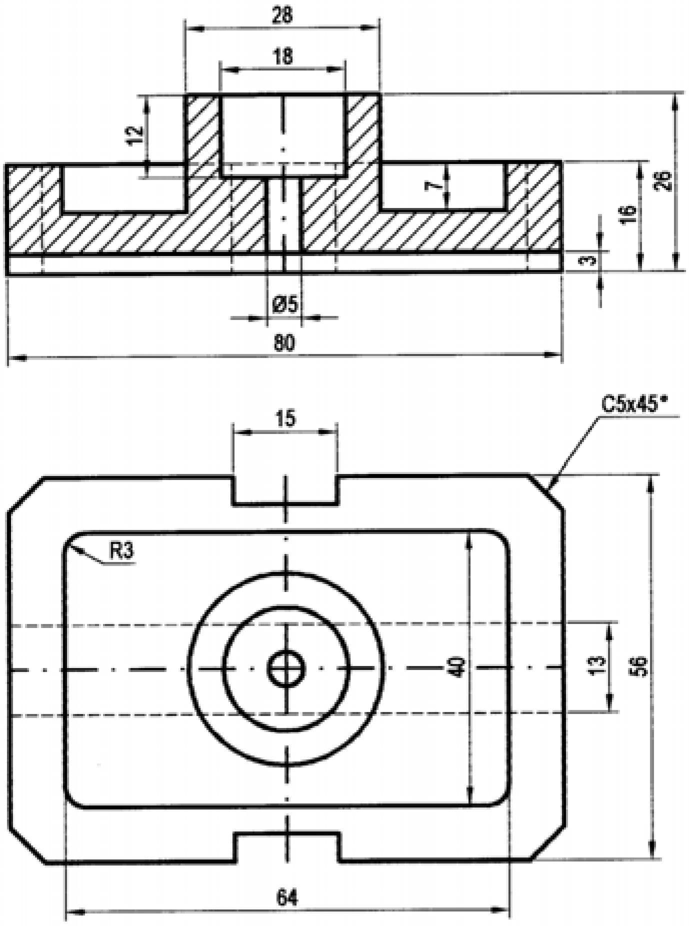
Untuk arsir gunakan ANSI 31 dan ANSI 37

Gunakan fasilitas-fasilitas modify secara maksimum supaya menggambar lebih cepat dan efisien

2. Buatlah / salinlah gambar berikut dan cantumkan ukurannya !

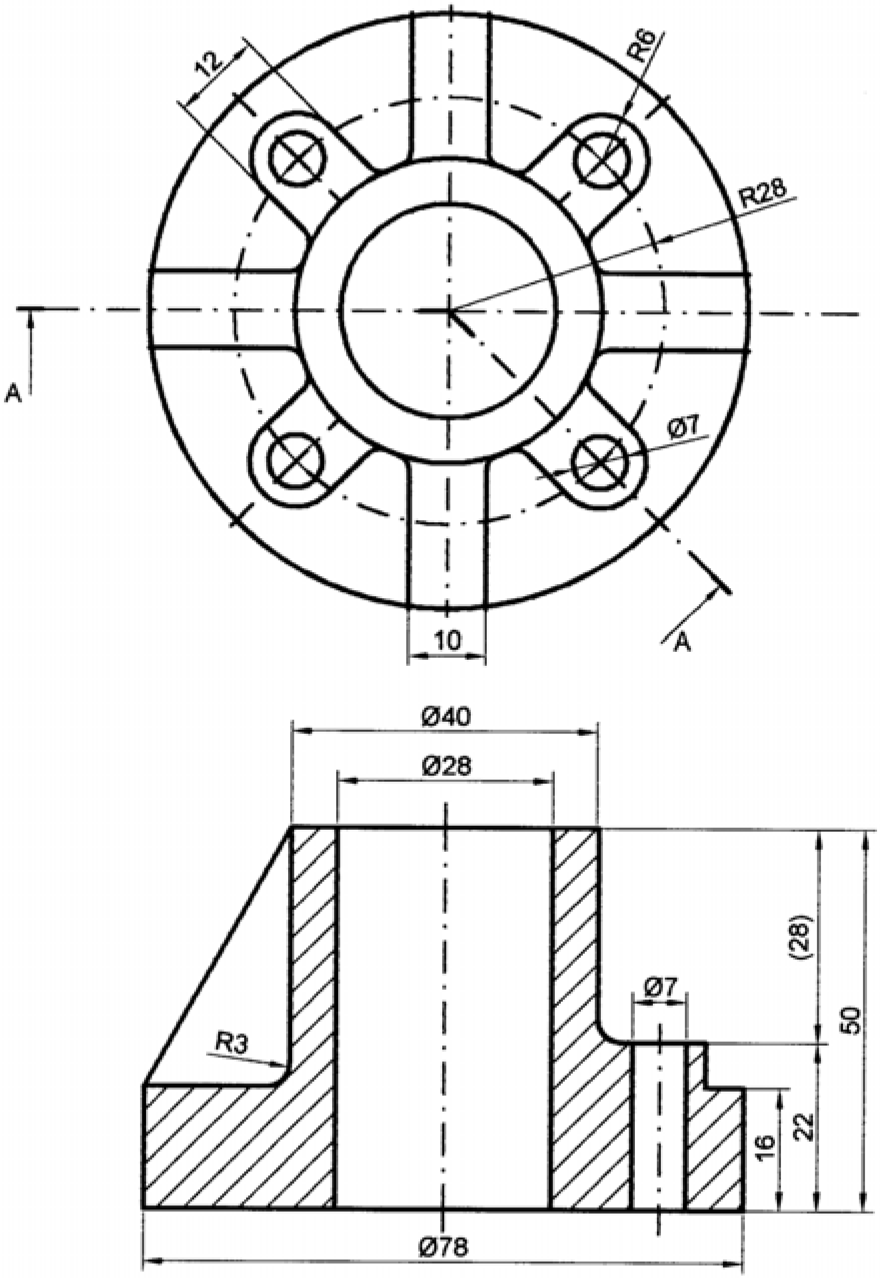


3. Buatlah / salinlah gambar berikut dan cantumkan ukurannya !



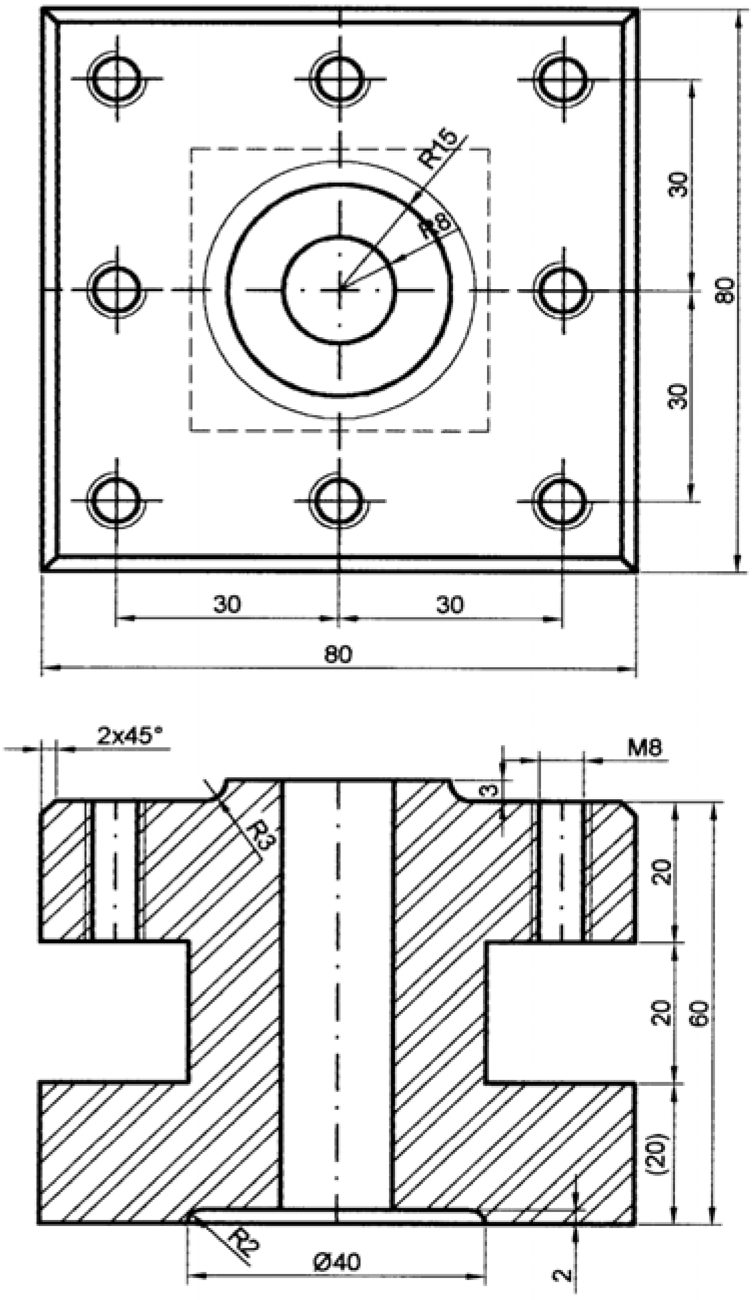
4. Buatlah / salinlah gambar berikut dan cantumkan ukurannya !

BAGIAN KOPLING



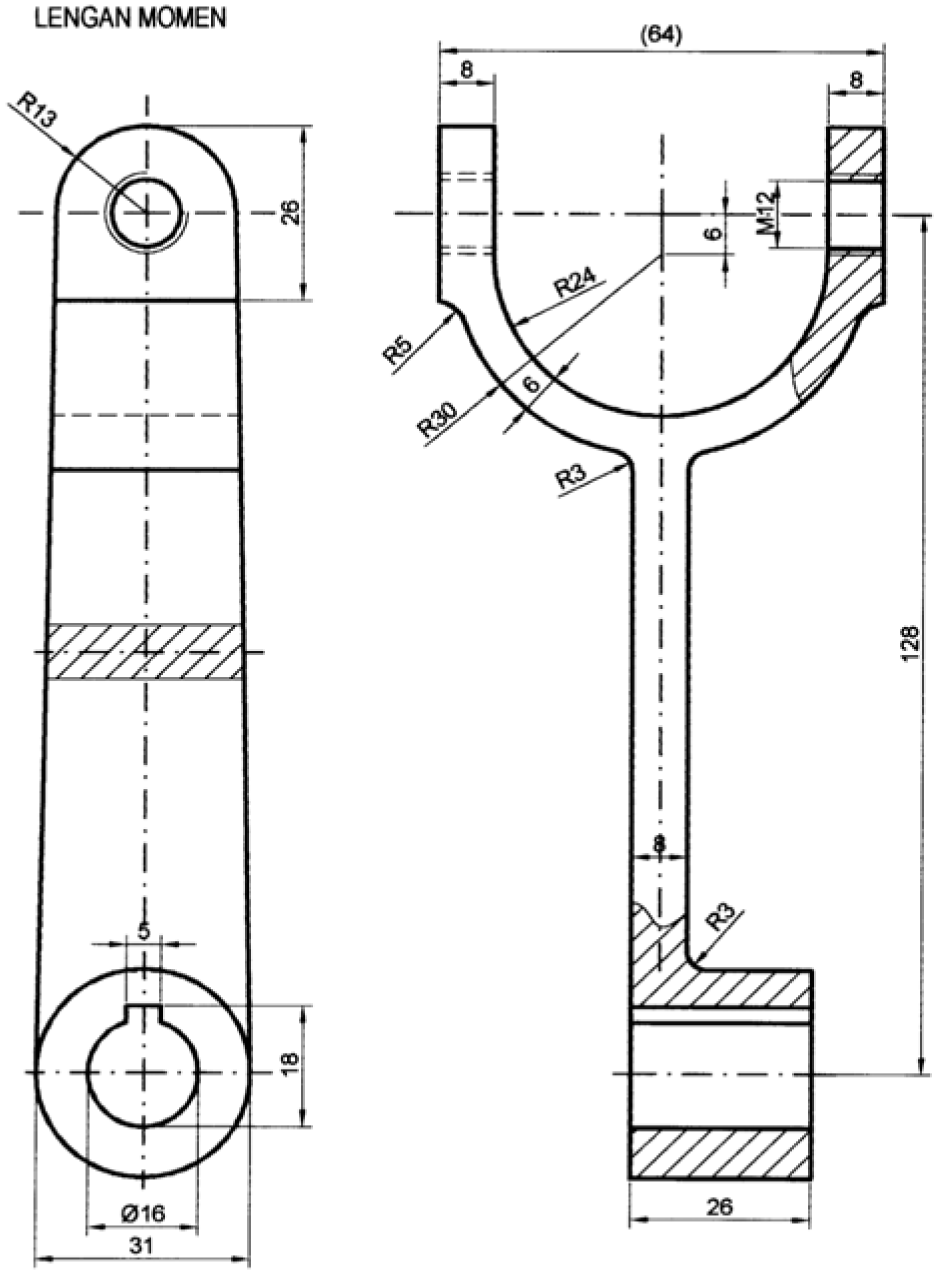
Penampang A-A

5. Buatlah / salinlah gambar berikut dan cantumkan ukurannya !

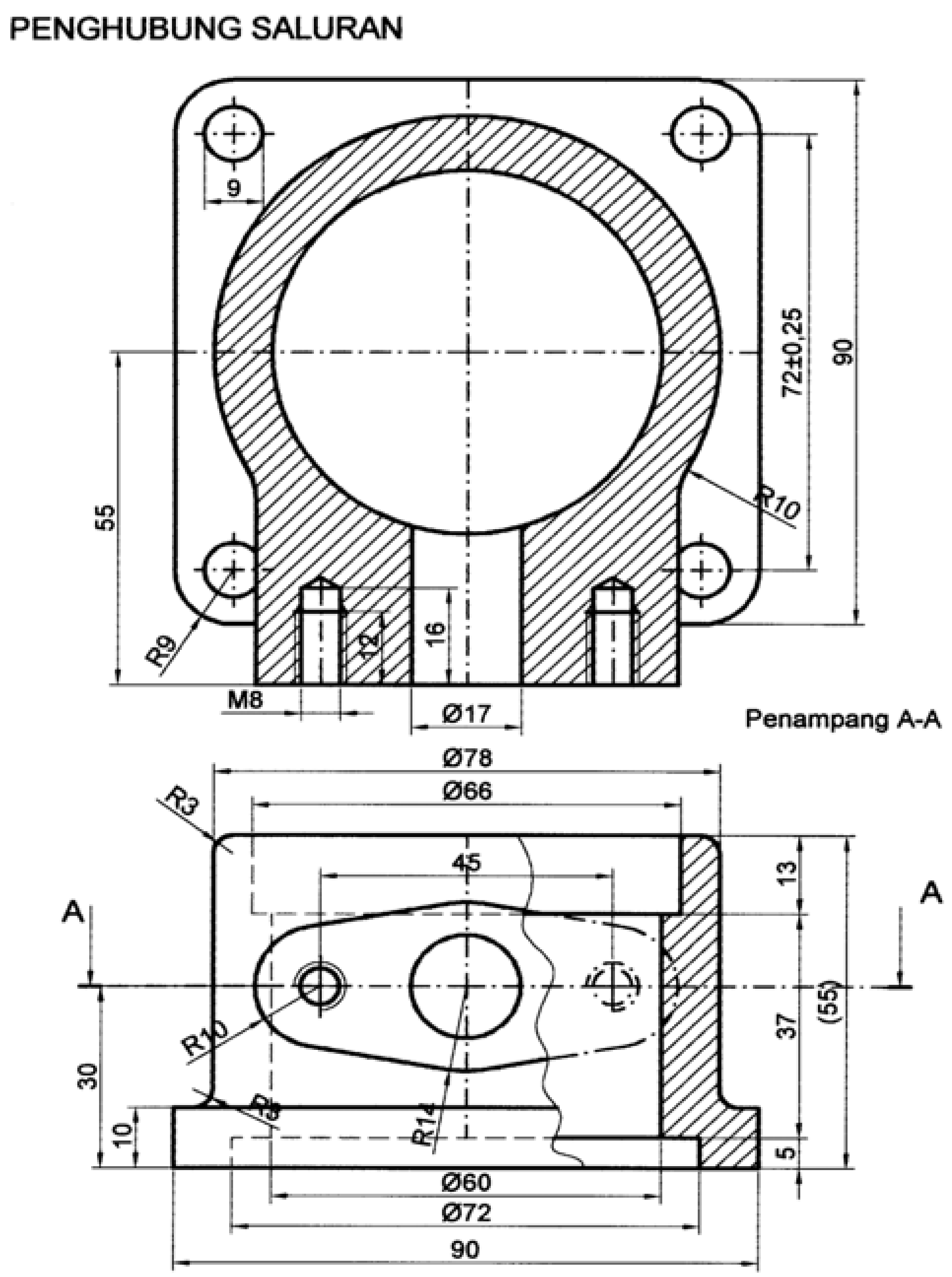


RUMAH PENJEPIT PAHAT BUBUT

6. Buatlah / salinlah gambar berikut dan cantumkan ukurannya !



7. Buatlah / salinlah gambar berikut dan cantumkan ukurannya !



F. Mencetak/Mengeprint Gambar

Gambar setelah selesai dibuat perlu di tampilkan dalam bentuk gambar cetak, yaitu pada kertas gambar dengan ukuran standar. Untuk mencetak gambar pada komputer ini diperlukan alat alat, yaitu plotter atau printer . Ploter diperlukan untuk mencetak gambar-gambar yang besar sedangkan untuk mencetak gambar dengan ukuran kecil sampai ukuran A3 dapat digunakan printer biasa/standar. Selain gambar yang dibuat dengan program Auto Cad dapat juga gambar-gambar yang telah ada dicetak kembali yaitu dengan menggunakan scanner. Komputer dengan kelengkapannya dapat di lihat pada gambar berikut :

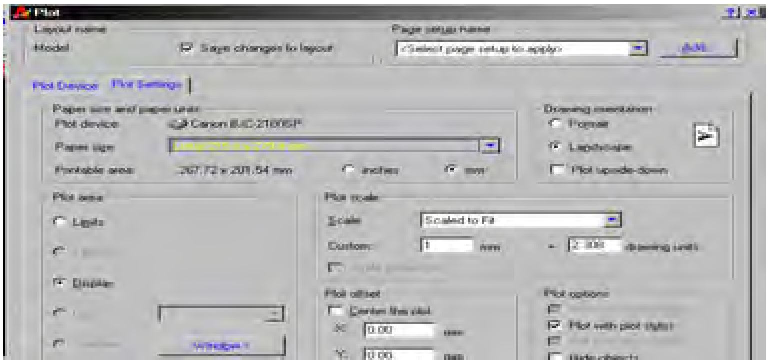


Gambar 2. 30 Komputer dengan kelengkapan printer dan scanner

Langkah langkah untuk mengeprint

Command : Plot (enter), atau dapat juga

Klik ; file , klik plot pada submenu file maka akan muncul desktop seperti gambar berikut :



Gambar 2.31 Plot

1. Memilih Gambar Yang Akan Di Cetak

Gambar-gambar yang telah di buat pada layar komputer bila akan dicetak sesuai dengan kebutuhannya , maka untuk gambar-gambar yang teliti harus dipertimbangkan mengenai skala gambar, satuan yang akan di gunakan, dan ruang gambar atau ukuran kertas gambar yang akan dicetak sebagaimana telah dibicarakan pada kegiatan belajar 2 mengenai limits dan grid. Ada beberapa macam pilihan untuk mencetak gambar pada plotter atau printer ini yaitu sebagai berikut. :

Plot seting terdiri atas :

1). betuk kertas gambar (vertikal atau horizontal)

2). paper size yaitu kertas gambar yang akan digunakan

3). plot area : Batas-batas gambar yang akan dicetak

a) dengan batas limits

b) dengan batas window

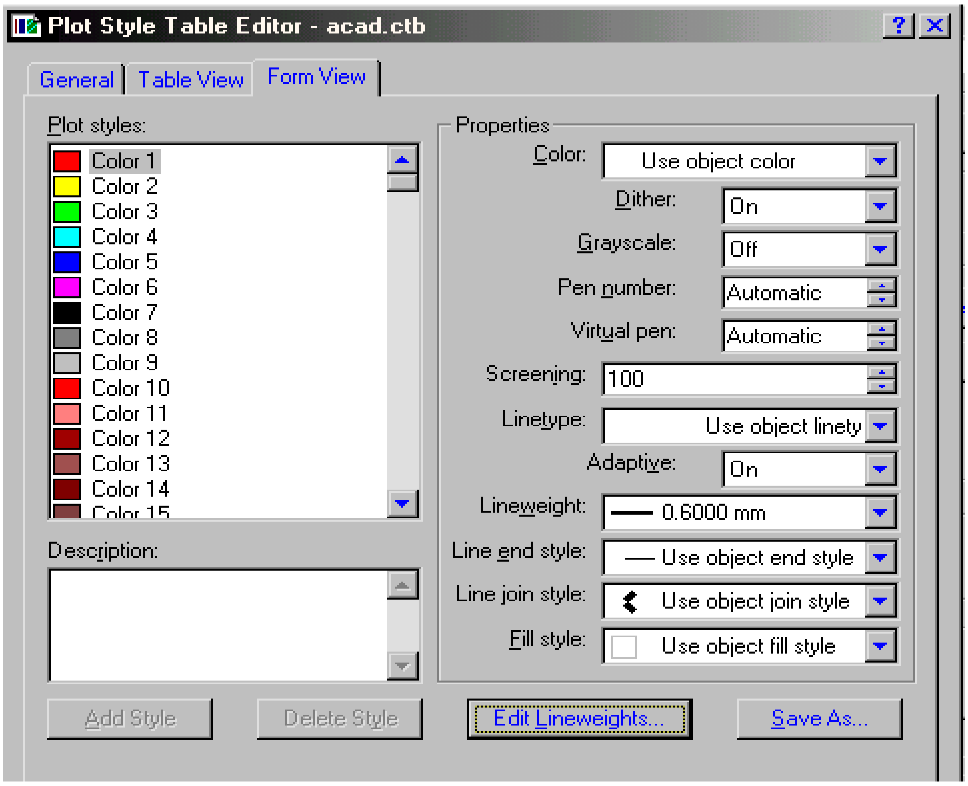
c) seluruhnya yang ada pada tampilan (*extend)*

d) seluruhnya yang ada pada display

2. Plot Devise

Langkah selanjutnya klik plot divise yang ada pada ujung kiri atas yang ada pada desktop (pada gambar 2.32). maka akan di temukan jenis printer apa yang akan di gunakan , jadi kita sesuaikan dahulu jenis printernya .Misalnya Canon BJC 2100 SP , None, DWF ePlot Pc3, kita pilih dan

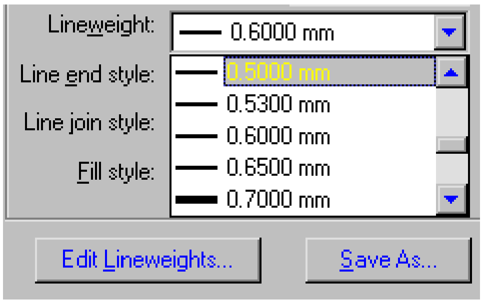
sesuaikan dengan jenis printer yang terpasang tersebut . kemudian lihat ketengah pada pen assignments kita akan menggunakan ketebalan garis yang bermacam-macam atau hanya satu jenis garis saja ?. tentu saja untuk gambar teknik mesin memerlukan bermacam-macam bentuk garis dan ketebalannya . Oleh kerena itu, untuk pen *assignments* ini kita cari nama acad, klik edit maka akan muncul desktop seperti terlihat pada gambar 2.32 berikut ;



Gambar 2.32 Menentukan tebal garis

Untuk menentukan ketebalan garis dapat kita tentukan dengan langkah langkah berikut

Garis gambar : misalnya mempunyai ketebalan 0.5 mm , klik warna merah pada bagian sisi kiri atas pada gambar 2.32 di atas kemudian klik lineweight klik knopnya dan pilih 0.5 lihat gambar berikut:



Gambar 2. 33 Memilih tebal garis

Untuk garis sumbu /dashdot kklik nomor 2 atau warna kuning , kemudian set ketebalan garisnya yaitu pada lineweigh pilih 0.35 mm pada knop lineweigh.

Untuk garis gores (strip-strip)/hidden pilih warna cyan (nomor 4), kemudian set pada ketebalan 0.25 pada knop lineweight.

Untuk garis Bantu dan garis ukur pilih warna hijau (nomor 3) , kemudian set dengan ketebalan garisnya 0.25 pada lineweight , setelah itu kita cek dengan klik edit akan muncul desktop cek edit . Untuk ketebalan garis yang telah dipilih tadi akan terlihat tanda ceklis. Nomor dan warna standar pada Auto CAD adalah sebagai berikut : lihat gambar 2.33 di atas

Daftar warna standar Auto CAD

No.1 : Warna merah
No.2 : Warna kuning
No.3 : Warna hijau
No.4 : Warna cyan
No.5 : Warna biru
No. 6 : Warna magenta
No.7 : Warna putih
No.8 : Warna abu tua
No.9 : Warna merah tua
No.10 : Warna kuning tua
No.11 : Warna hijau tua
No.12 : Warna cyan tua
No.13 : Warna biru tua
No.14 : warna magenta tua
No.15 : Warna abu abu tua

Priter yang di gunakan untuk mencetak gambar teknik mesin diusahakan menggunakan tinta hitam saja. Walaupun telah di set dengan bermacam macam warna yang di sediakan tetapi saat tampilan gambar harus berwarna hitam saja (black)

Setelah mengeset ketebalan dengan warna-warna yang standar kemudian kita lihat dengan klik partial preview untuk melihat posisi kertas gambar yang akan dicetak, selanjutny *a full freview* untuk melihat posisi gambar yang akan di cetak, jika sudah selesai maka kita dapat melanjutkan ke pencetakan gambar yaitu dengan menekan spasi bar atau klik kanan , dan klik OK , maka printer bekerja mencetak gambar yang di inginkan.

Rangkuman

Untuk mencetak gambar yang besar di perlukan plotter, sedangkan gambar ukuran kecil sampai A3 dapat menggunakan printer biasa/standar.

Gambar dapat dibuat secara : mendatar dengan pilihan lanscap, dan vertical (foto)

Gambar dapat di tampilkan dengan batas batas : limit, display, extend,dan window

Untuk memulai mengeset printer :klik plot devise, klik jenis printer yang tersedia samakan mereknya dengan printer yang terpasang. .

Set ketebalan garis dengan mengeset warna dan l*ineweight*

Untuk mengecek dapat dilanjutkan dengan klik edit

Warna-warna yang telah dberi ketebalan garis akan muncul dengan tanda ceklis

Warna pada plot syle jumlahnya sebanyak 255 warna

Setelah selesai mengeset : klik partial preview, klik full preview, klik OK

No warna standar : 1=merah; no 2= warna kuning; warna hijau =No. 3 , No. 4 warna cyan,

No. 5 = biru No 6 = warna magenta dst

Mencetak pada *lay uot* yang telah tersedia , klik lay out 1 atau lay out 2 untuk melihat posisi gambar yang akan di cetak.

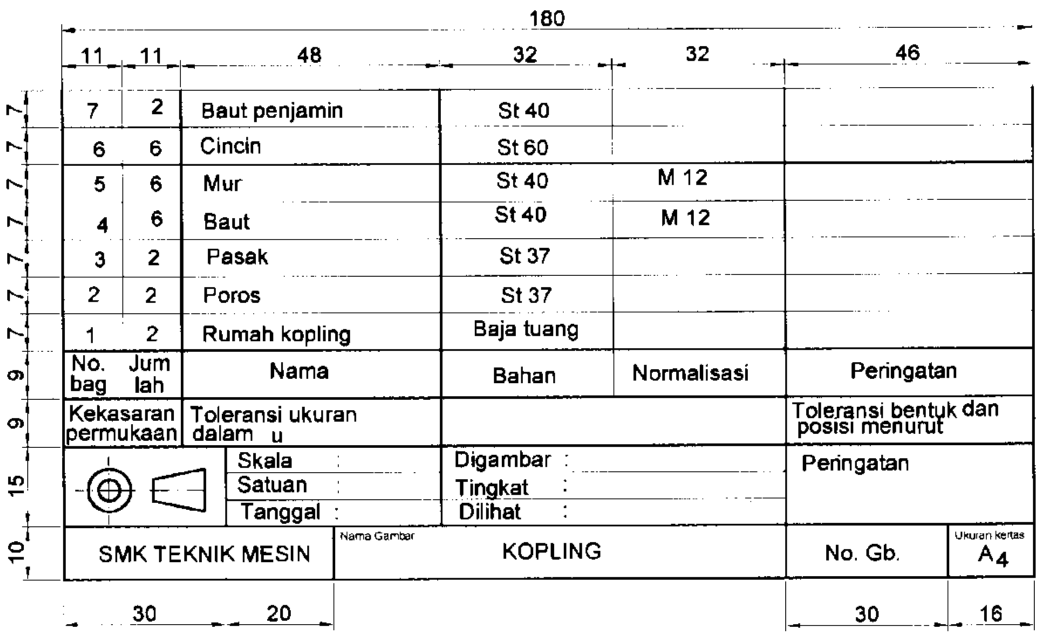
Latihan 8

Tugas 1:

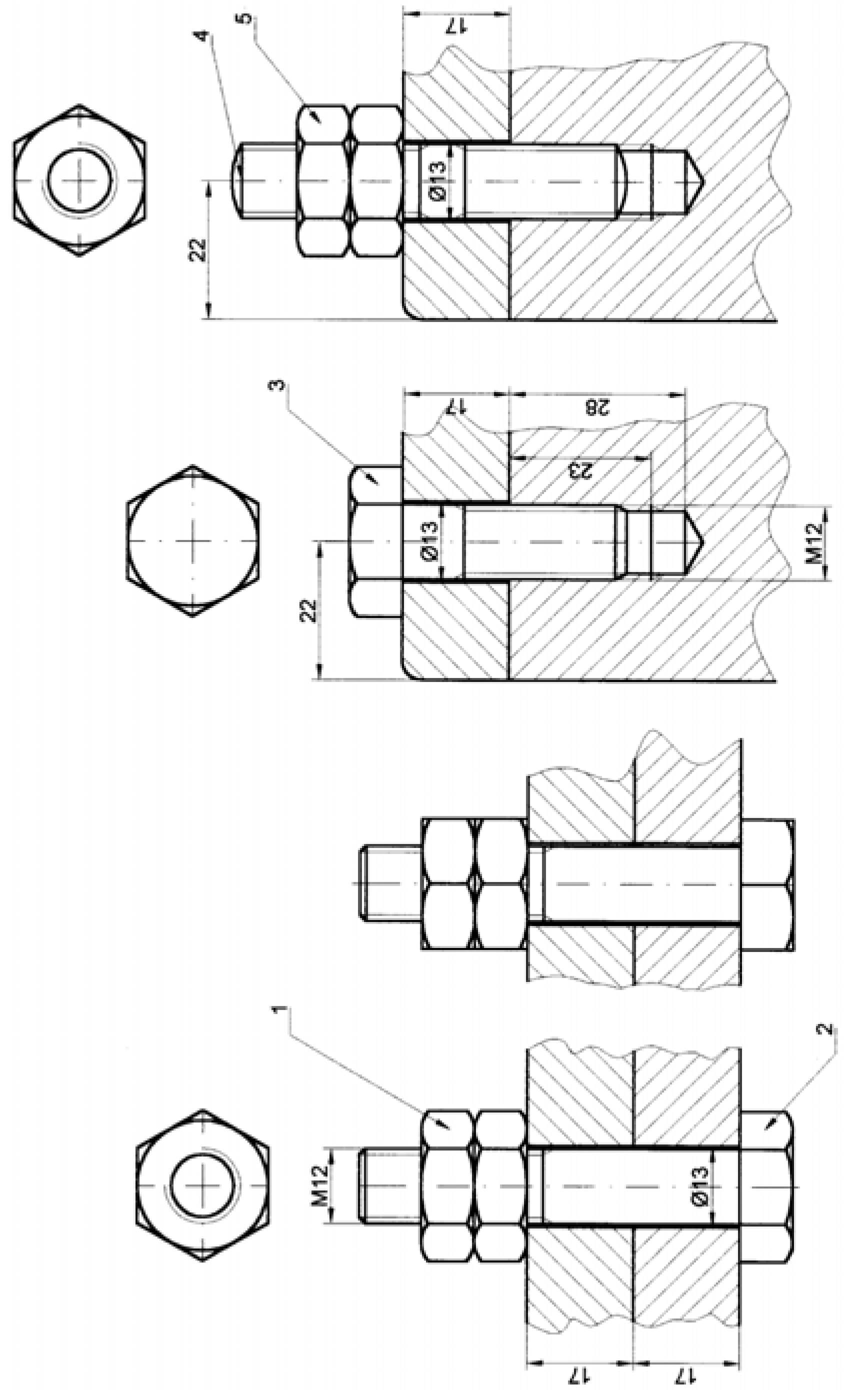
1. Buatlah gambar-gambar berikut dengan menggunakan piranti Auto Cad penuh maksimum
2. Gambar di print out sesuai standar pada kertas gambar A4 , skala 1:1 satuannya mm

Tugas 1 : Etiket

ETIKET/KEPALA GAMBAR

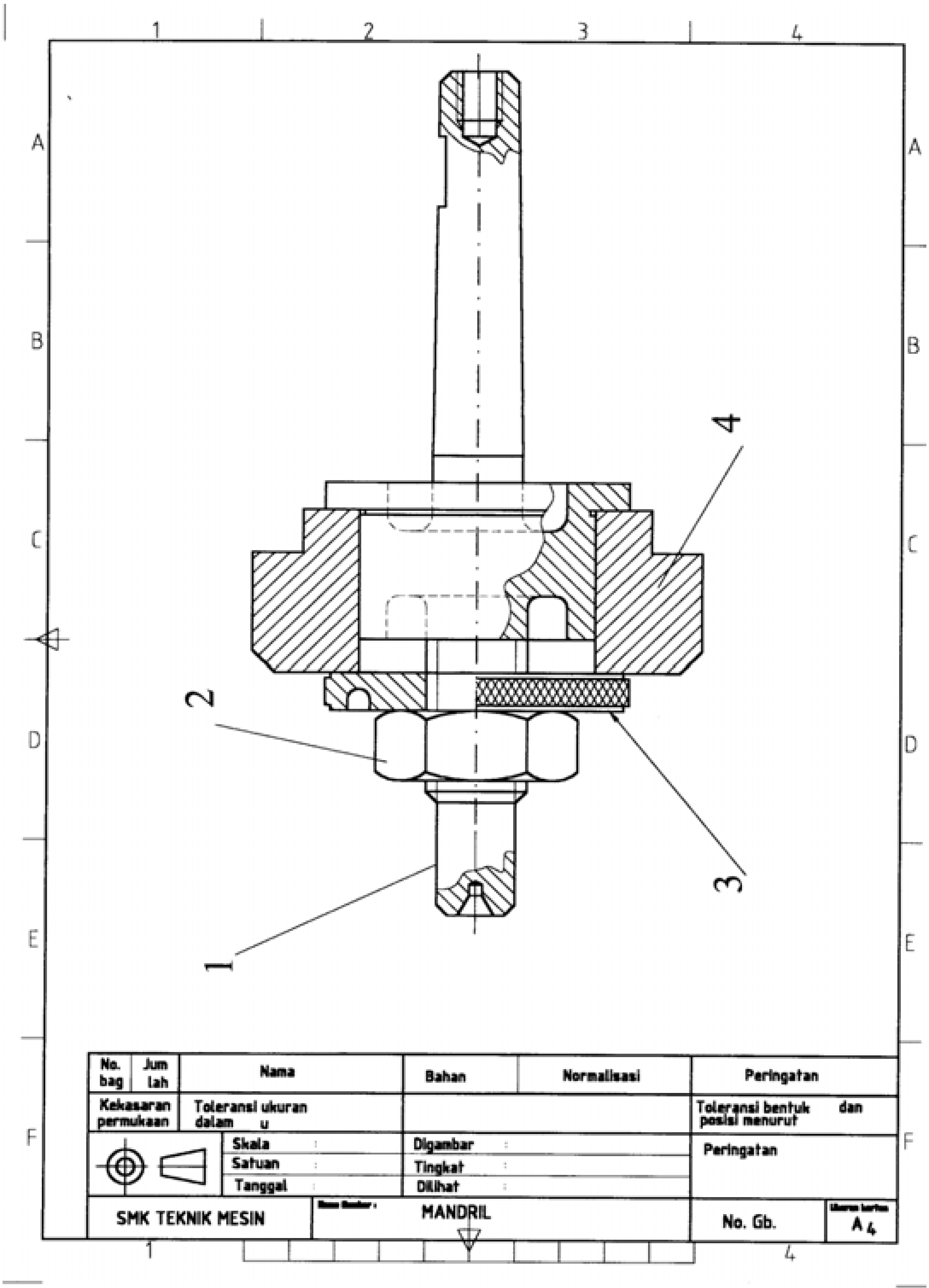


Tugas 2: MUR BAUT

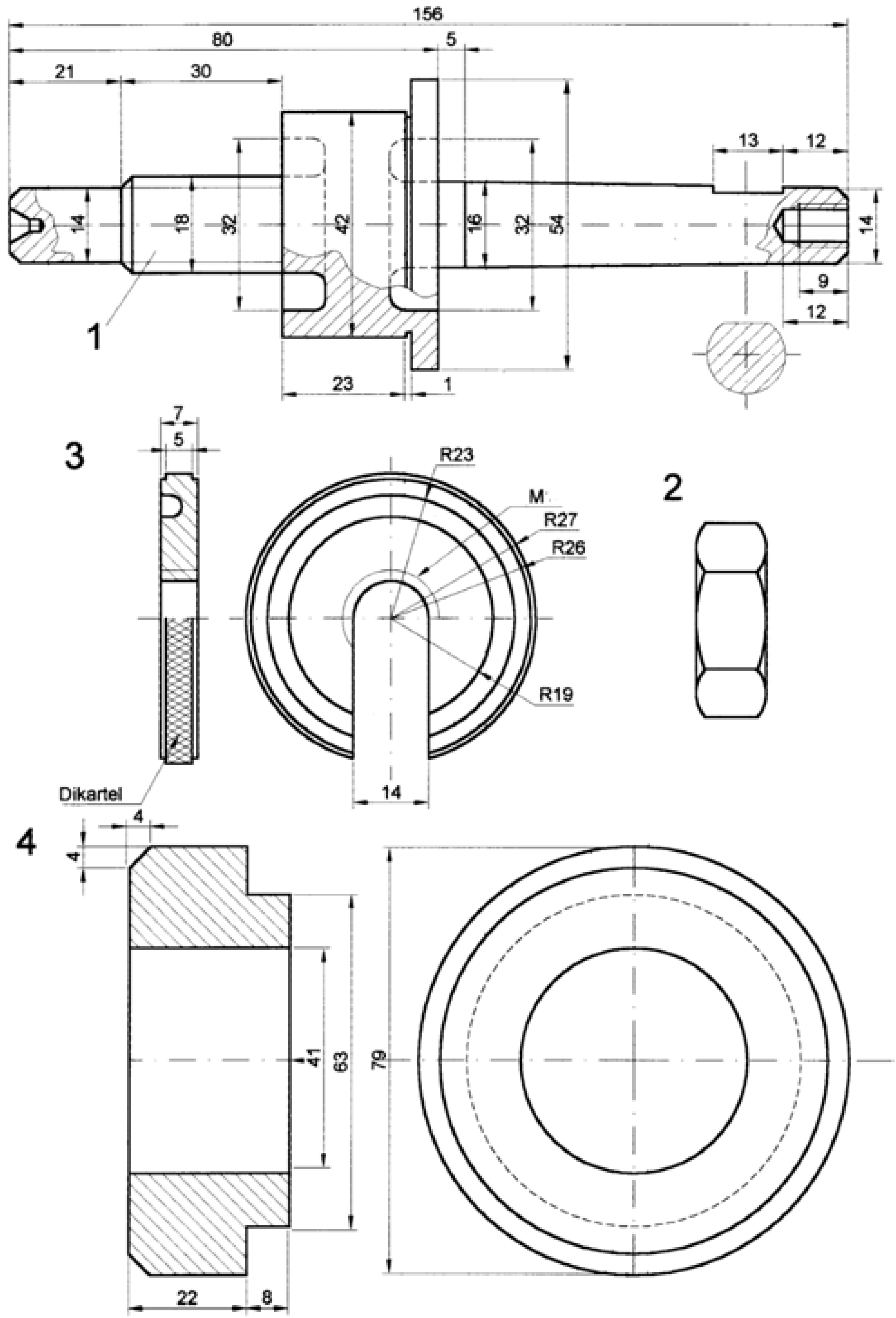


Mur dan baut

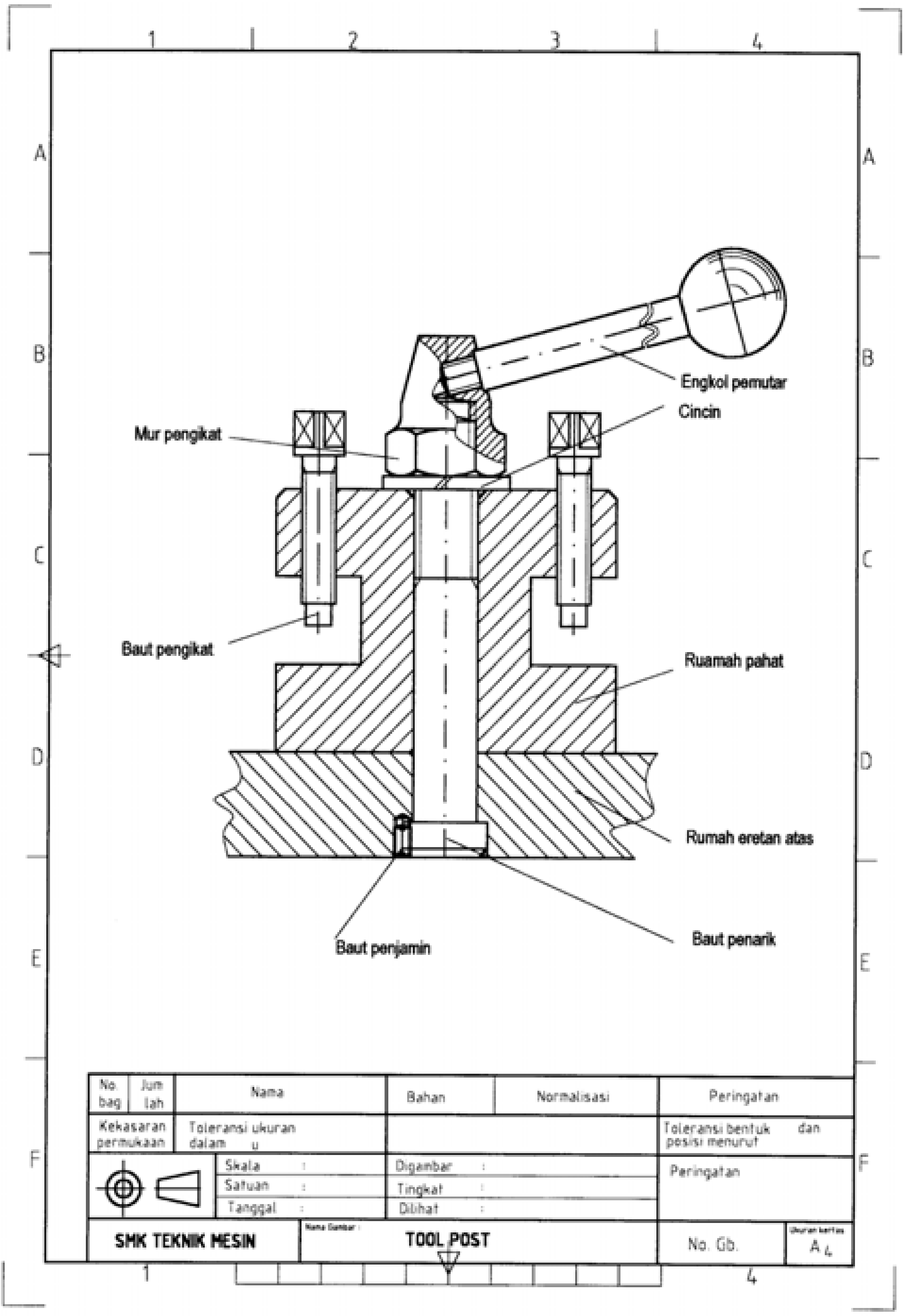
Tugas 3: Mandril



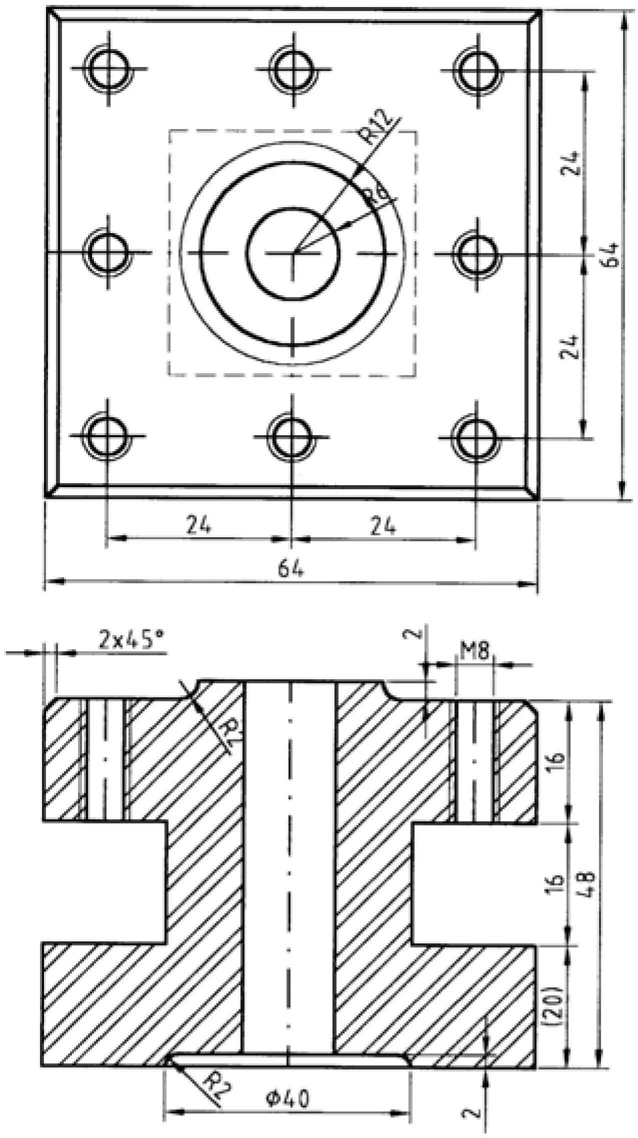
Tugas 4: Detail Mandril



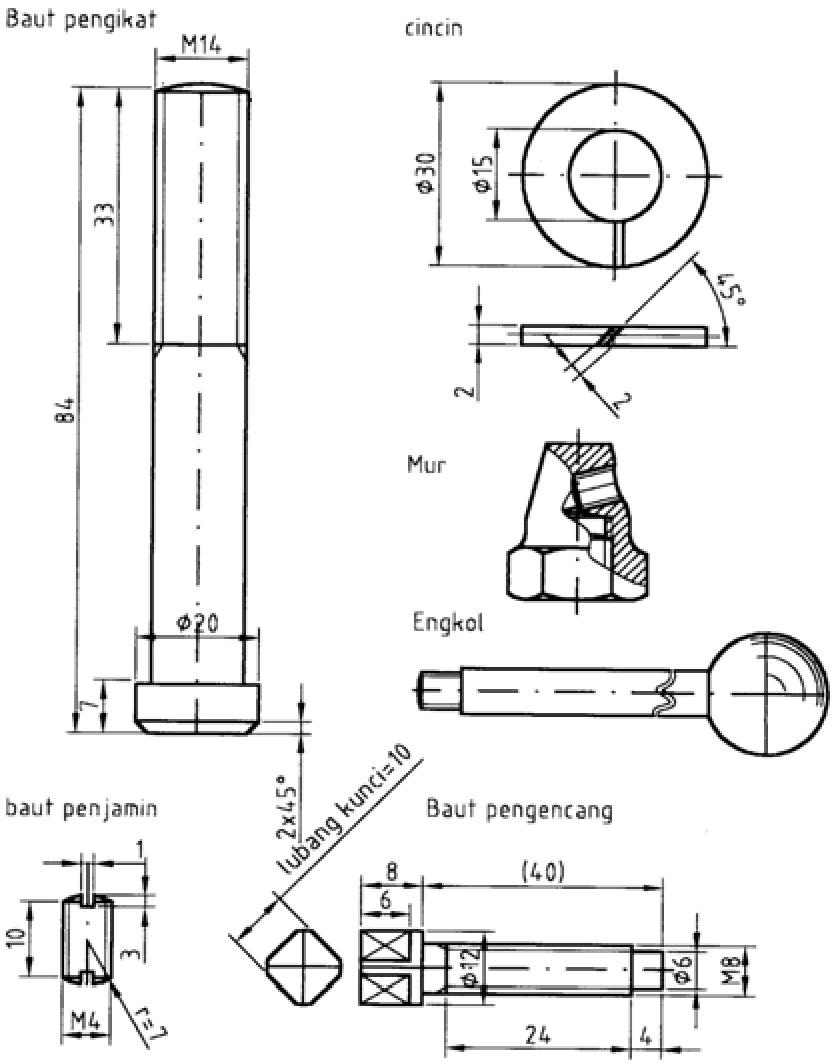
Tugas 5: Penjepit pahat bubut



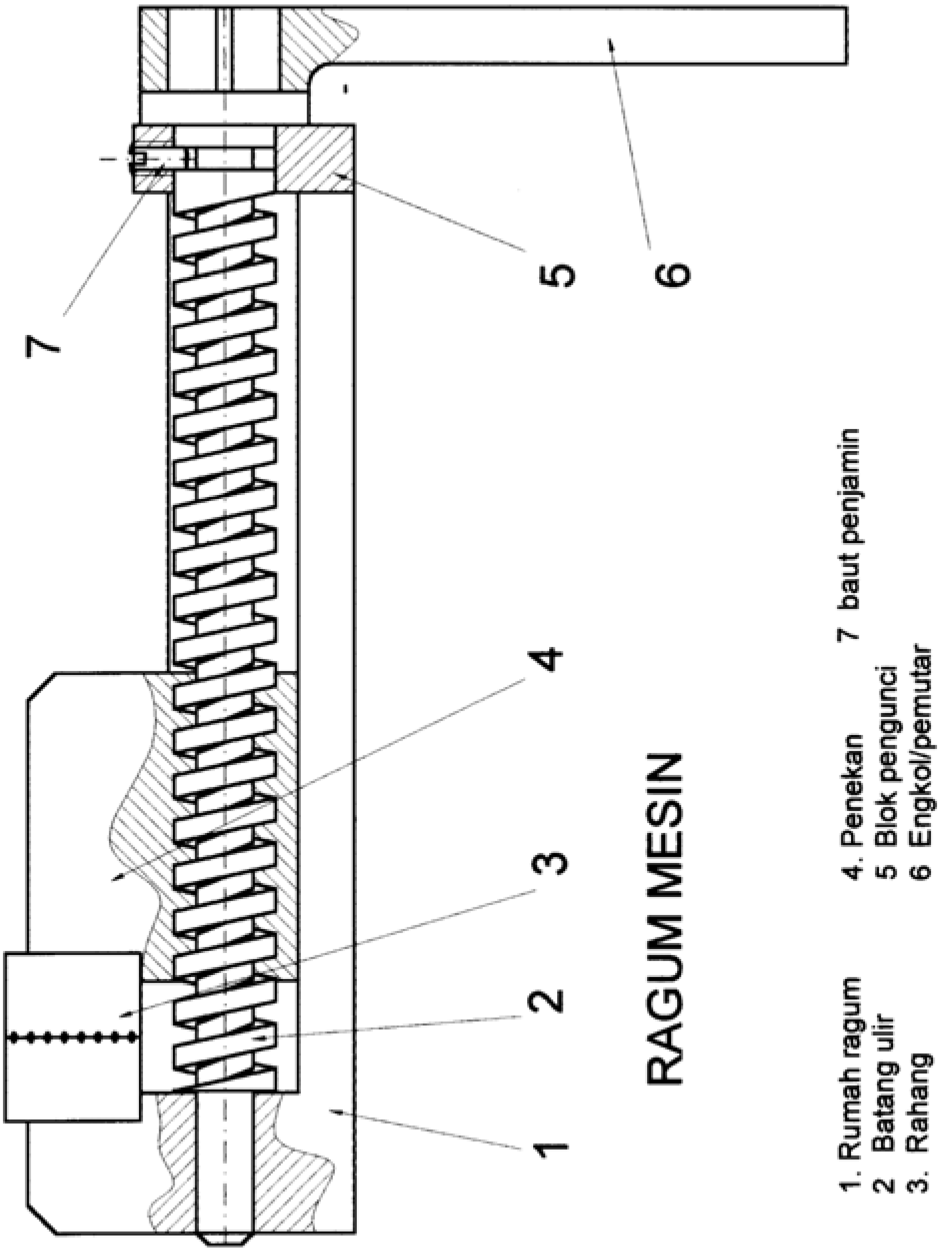
Tugas 6: Bagian Tool Post (Rumah Pahat)



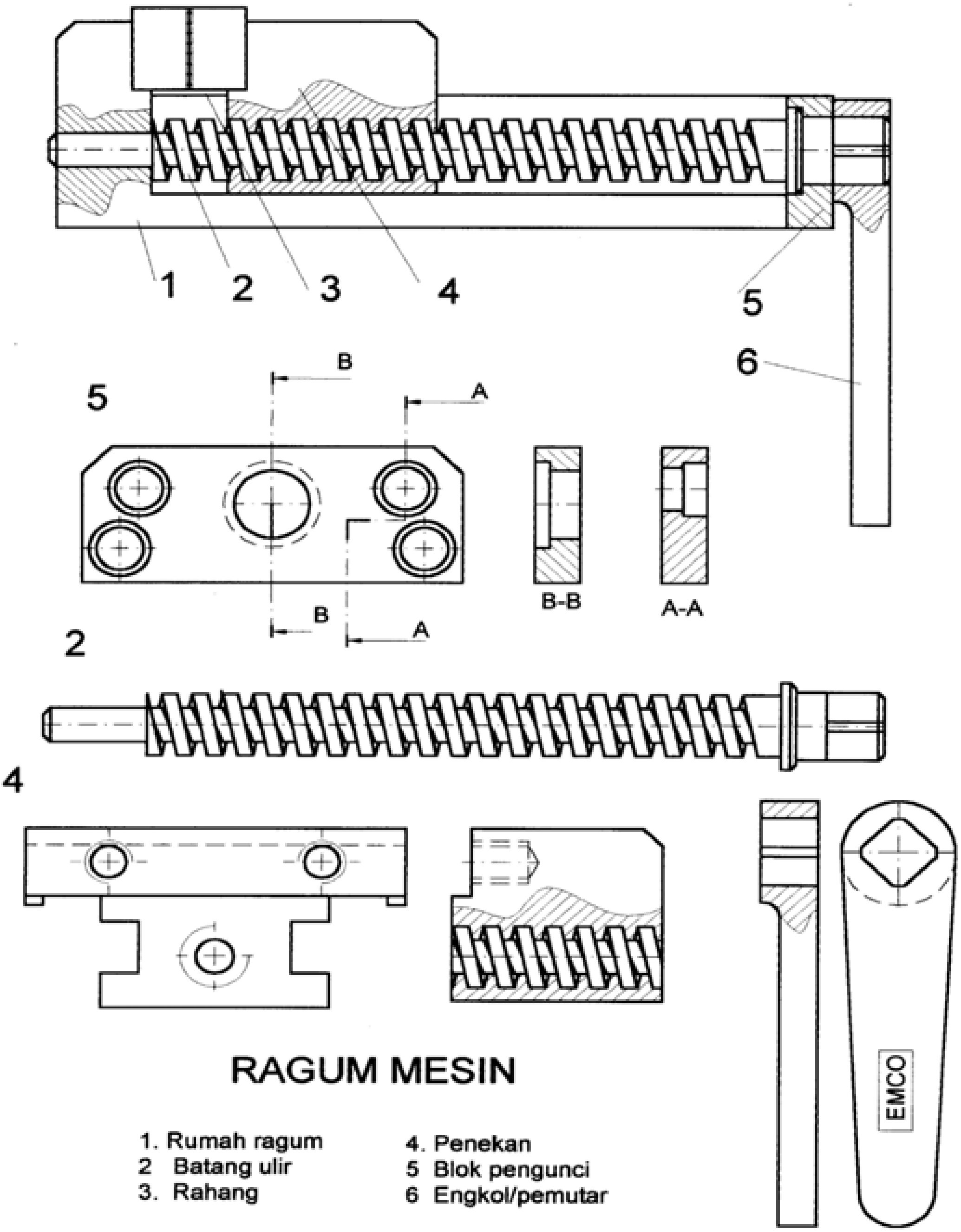
Tugas 7: Bagian Bagian Tool Post



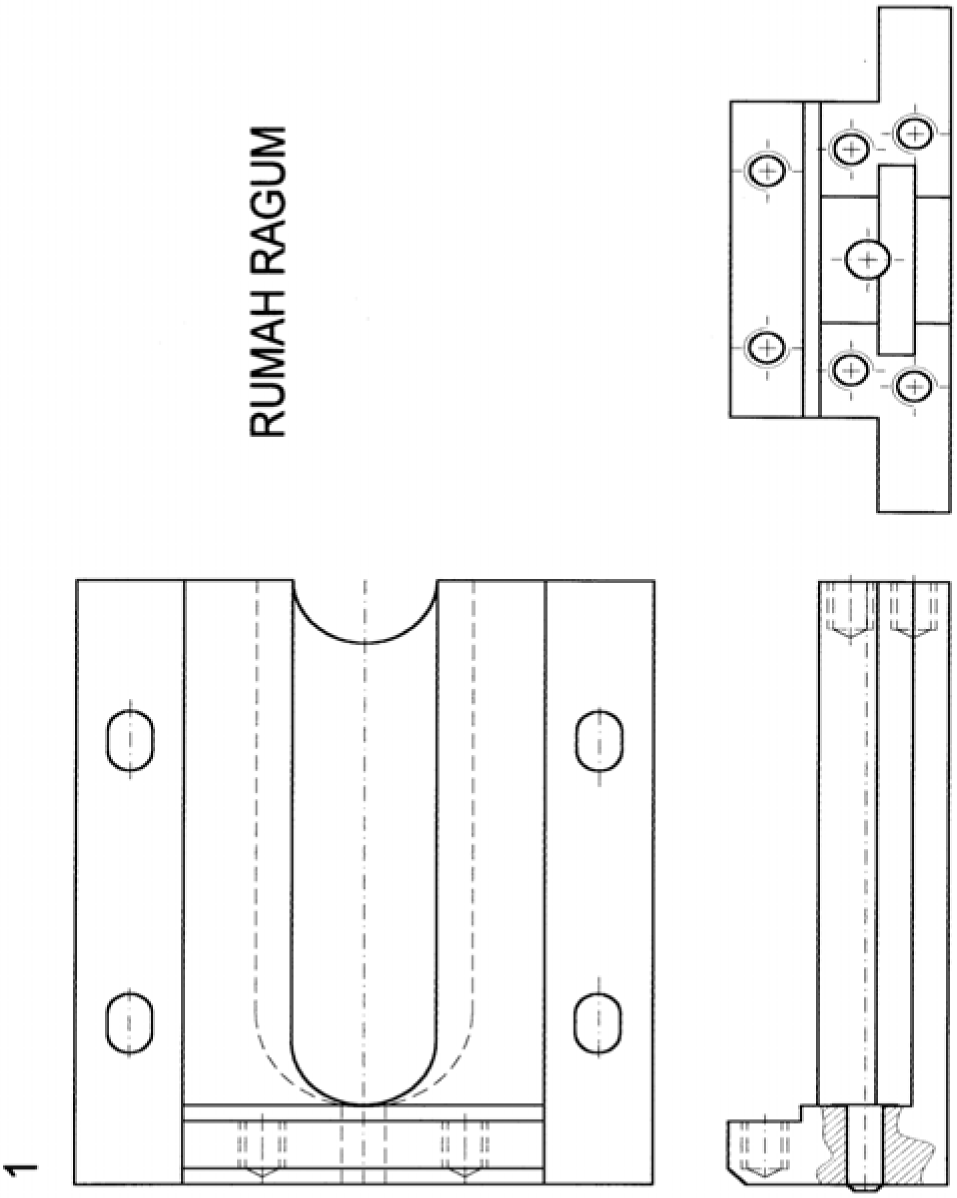
Tugas 8: Ragum Mesin



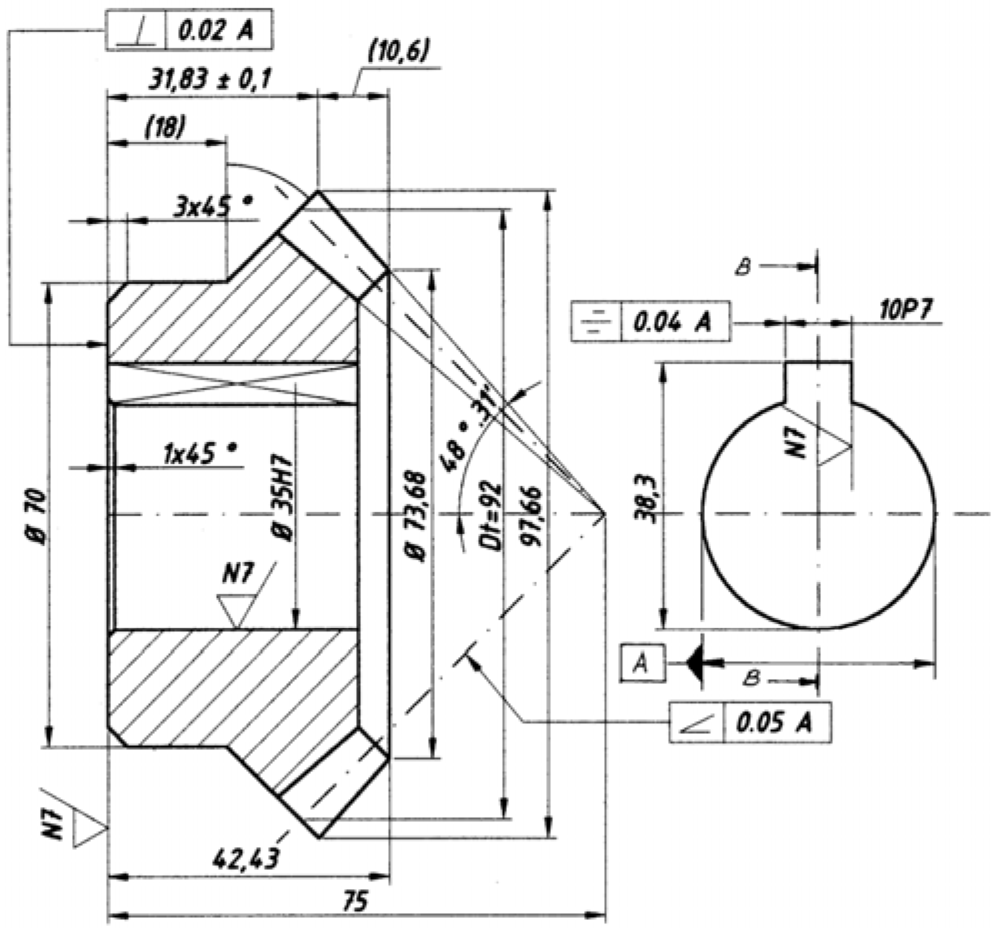
Tugas 9: Detail Ragum Mesin



Tugas 10: Detail Ragum Mesin

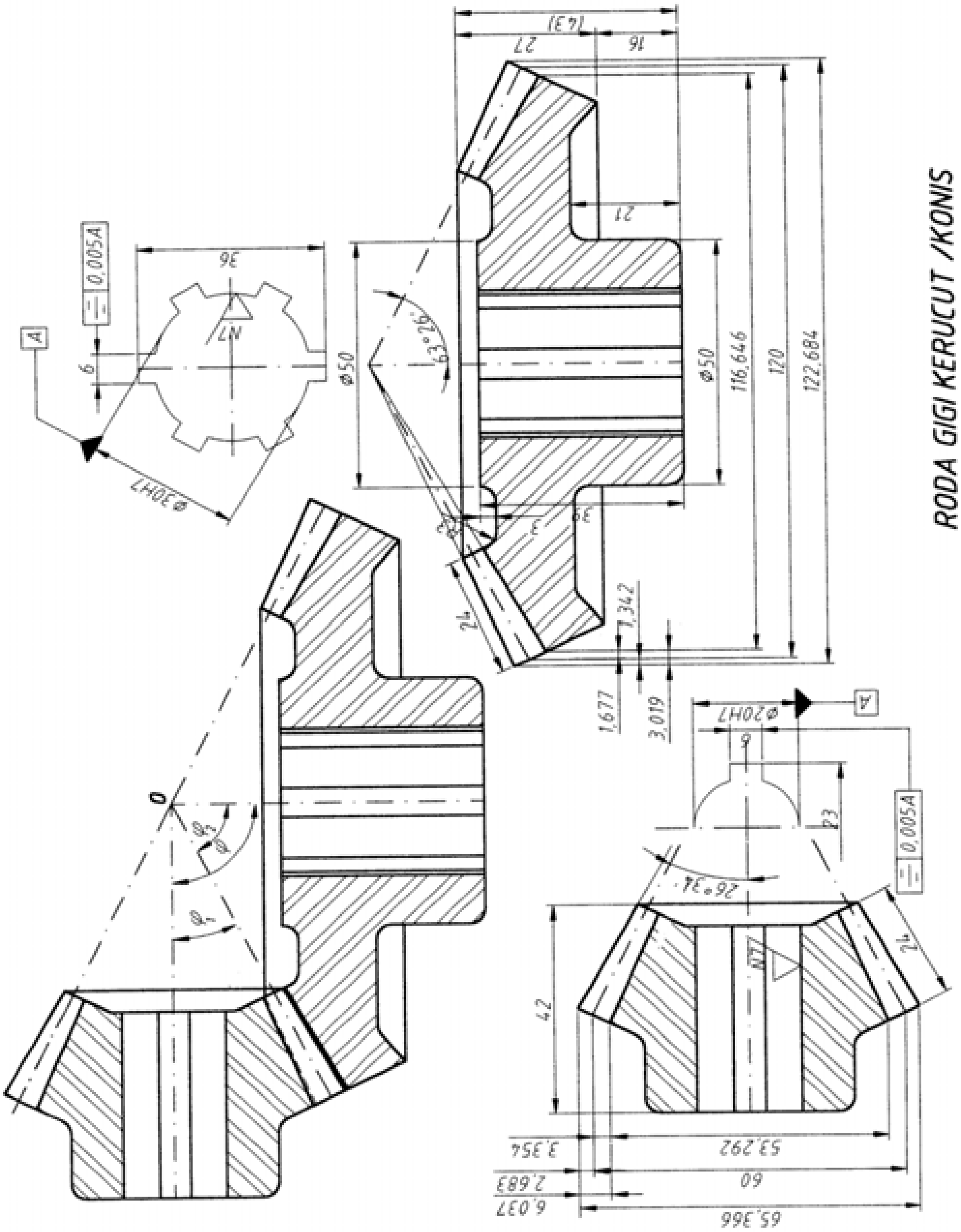


Tugas 11: Latihan Menggambar Roda Gigi

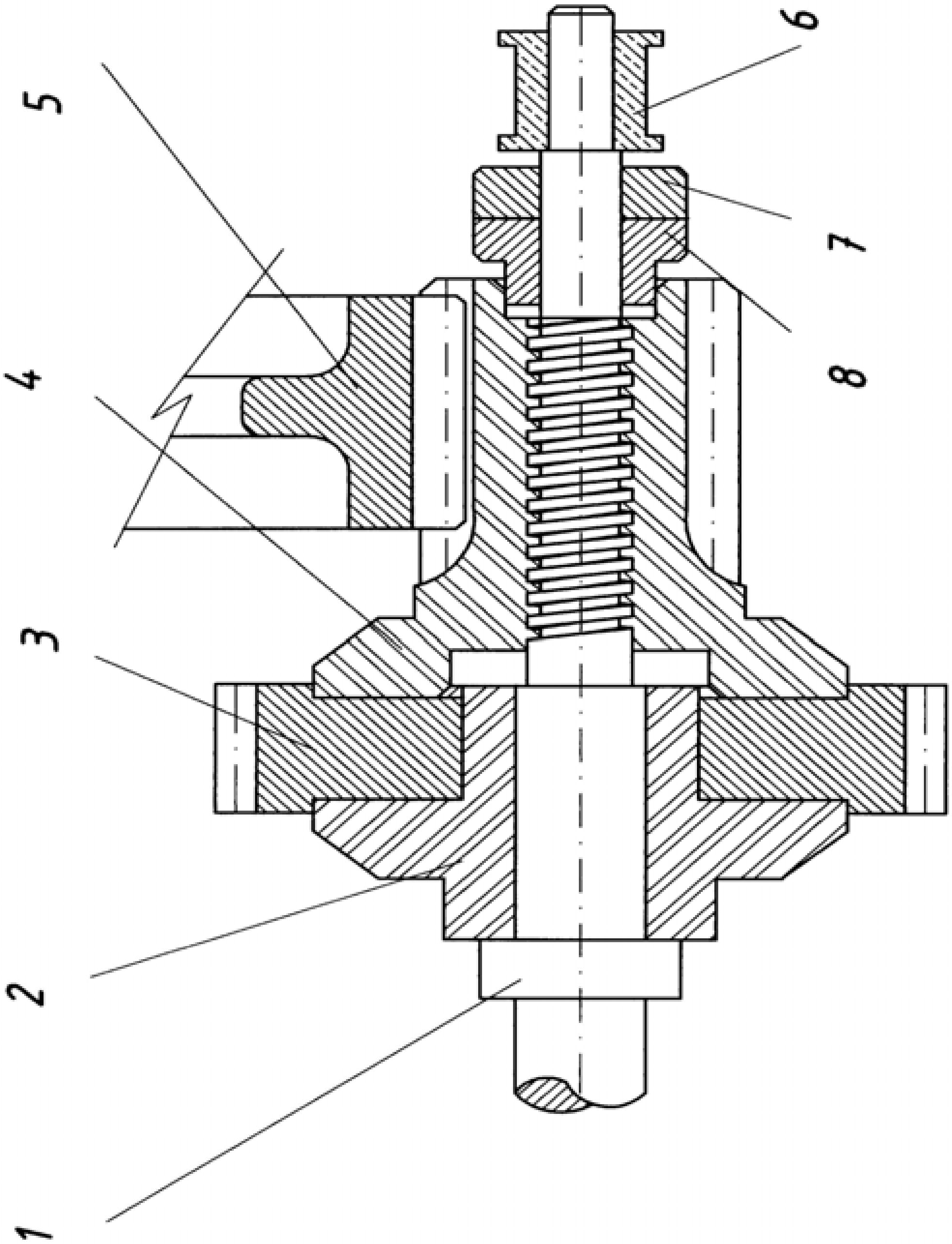


PINION/GEAR		UKURAN
Modul	m	4
Jumlah gigi	$Z_{1,2}$	23
Sudut tekan	α	20^{o}
Sudut sumbu	φ	90^{o}
Sudut pitch	φ_1	45^{o}
Panjang kerucut	R	65,5

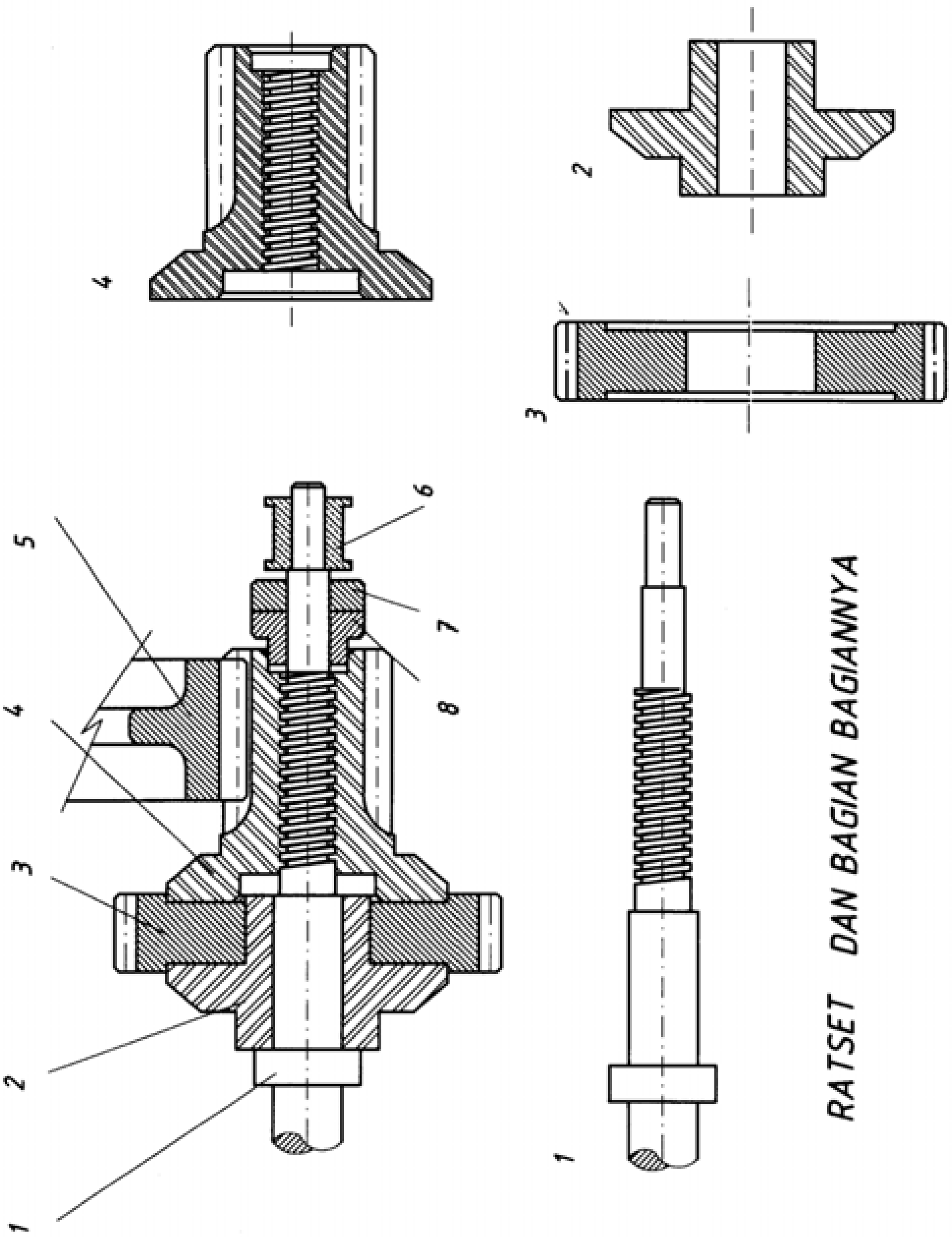
Tugas 12: Roda Gigi



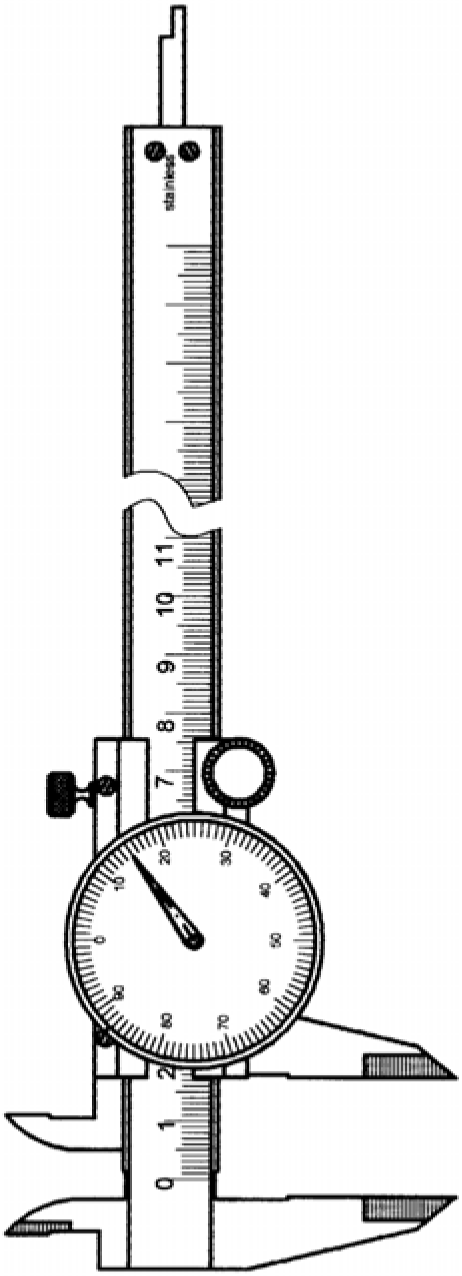
Tugas 13: Rat Set



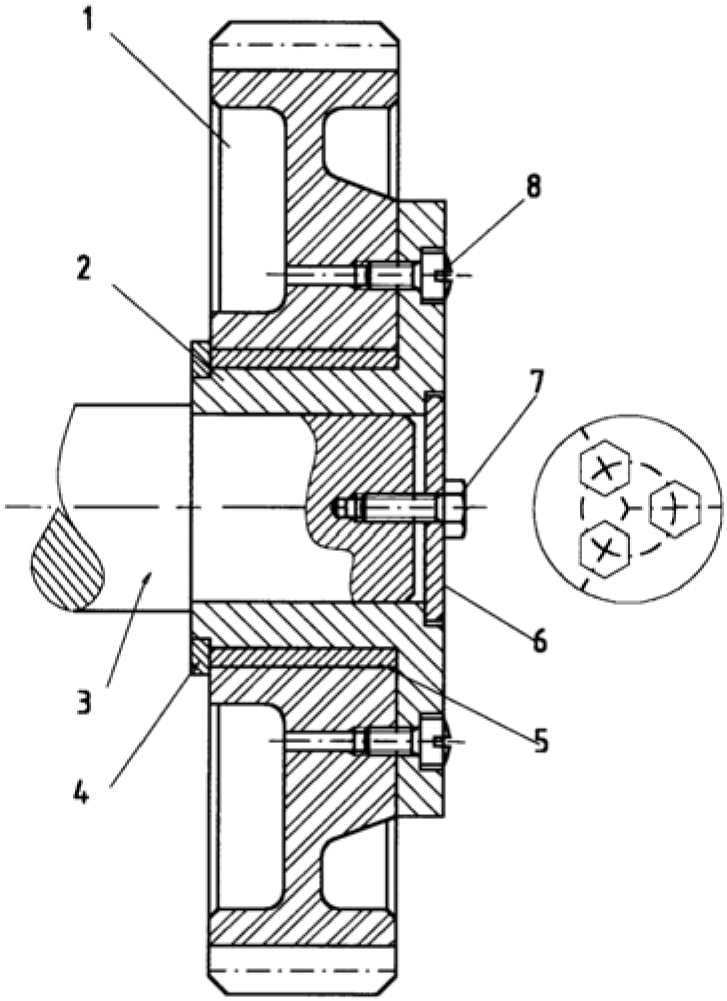
Tugas 14: Bagian Bagian Rat Set



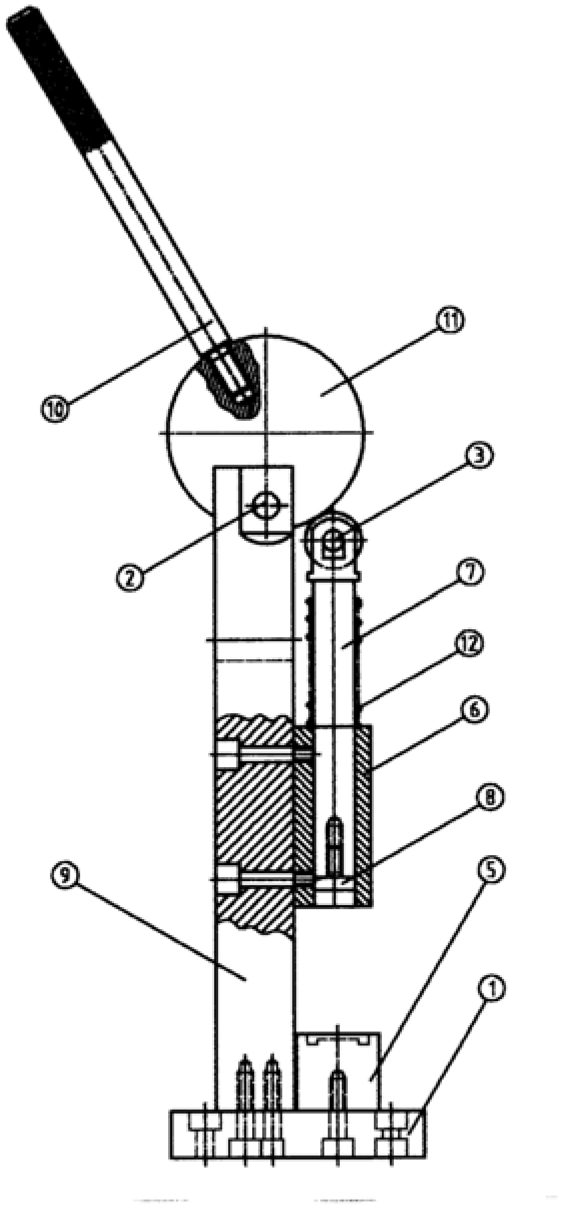
Tugas 15: Sikmat



Tugas 16:   Rakitan Roda Gigi



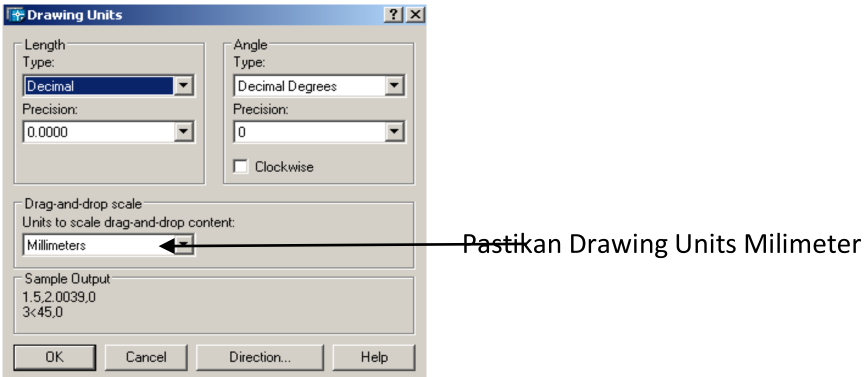
Tugas 17: Hand Pres



G. Menggambar 3D dengan sistem CAD (Membaca Gambar Teknik)

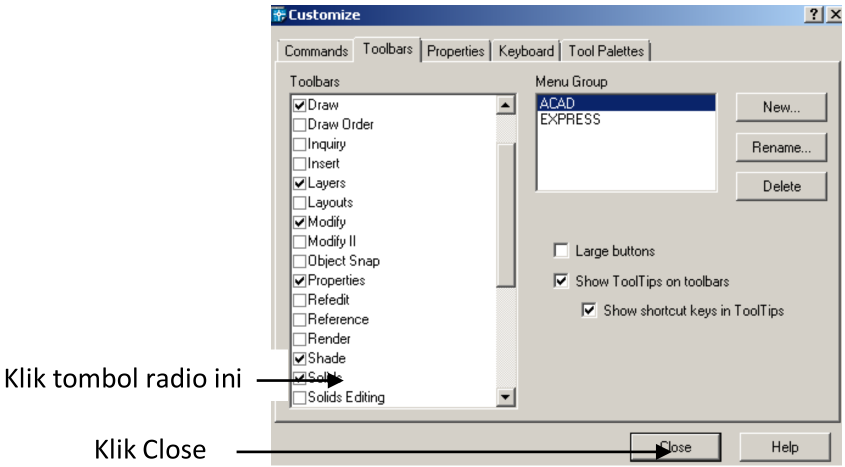
1. Persiapan awal

1) Buka program AutoCad 2004
2) Klik menu *Format / Units...*



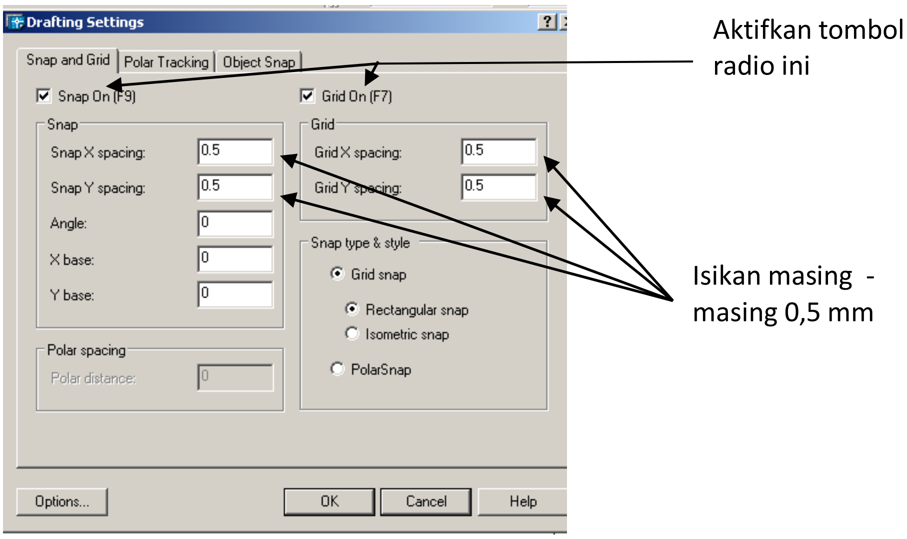
Gambar 2.34 Kotak dialog drawing units

3) Perhatikan gambar 2.34. Dalam kotak dialog drawing units anda pilih satuan Milimeters. Klik OK setelah selesai
4) Klik menu *View/Toolbars...*



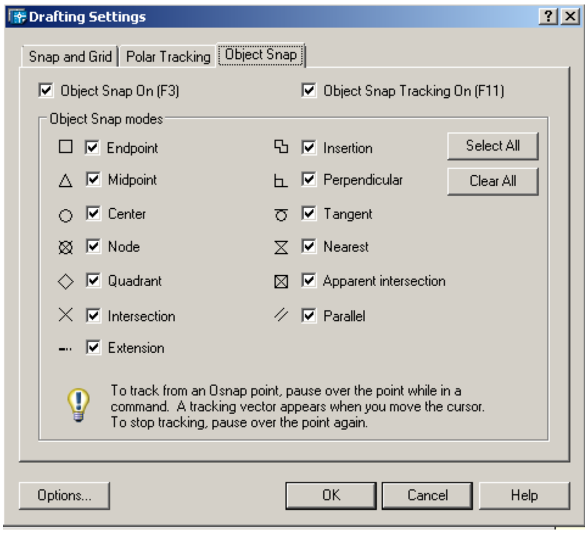
Gambar 2.35 Kotak Dialog Customize

5) Perhatikan gambar 2. Kotak dialog Customize, anda aktifkan tombol radio 3D Orbit, Dimension, Draw, Modify, Modify II, Object Properties, Shade, Solid, Solid Editing, Standart Toolbar, UCS, View dan Zoom. Klik Close apabila telah selesai .
6) Kilk menu *Format/Drawing Limits*
7) Pada *specify left corner* anda masukan koordinat (0,0) dan tekan **Enter**.
8) Isikan (40,40) untuk *specify right corner* dan tekan **Enter**. Tampilan model space anda akan dibatasi seluas 40 mm x 40 mm.
9) Klik menu *Tool/Drafting Setting...*



Gambar 2.36 Kotak dialog drafting Setting (Snap and Grid)

10) Pada gambar 2.36. Kotak dialog *Drafting Setting*, anda pilih tab *Snap and Grid*, aktifkan tombol radio *Snap On* dan *Grid On*, lalu isikan *snap spacing* dan *Grid spacing* masing – masing 0,5.
11) Masih pada kotak dialog *Drafting Settings*, anda pilih tab *Object snap* dan aktifkan tombol radio seperti pada gambar 2.36. Kilk .

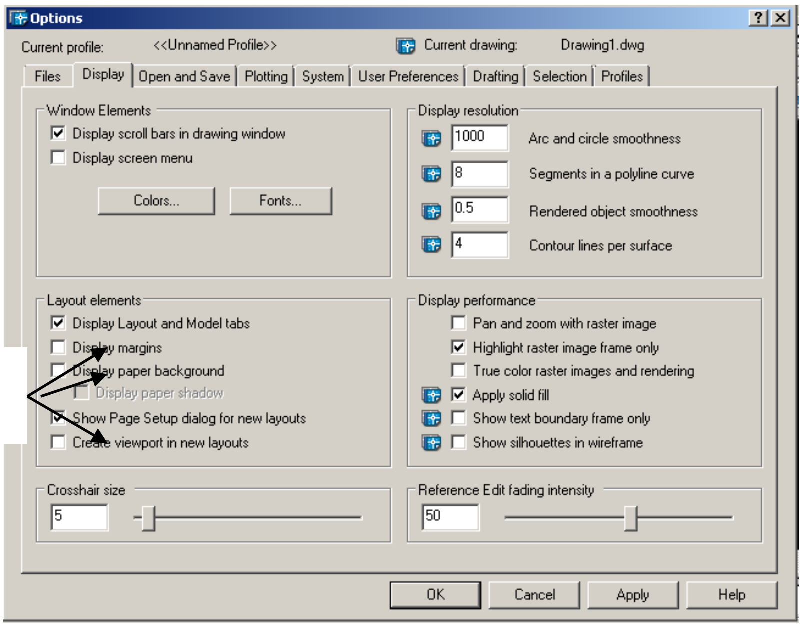


Gambar 2.37 Kotak dialog Drafting Setting (Object Snap)

12)  Anda klik tombol *Zoom all*, maka akan tampil grid dengan spasi 0,5 mm x 0,5 mm memenuhi model space seluas 40 mm x 40 mm.

13) Kilk menu *Tolls/Options…*

Matikan tombol radio ini

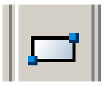


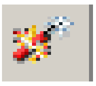
Gambar 2.38. Kotak dialog Options

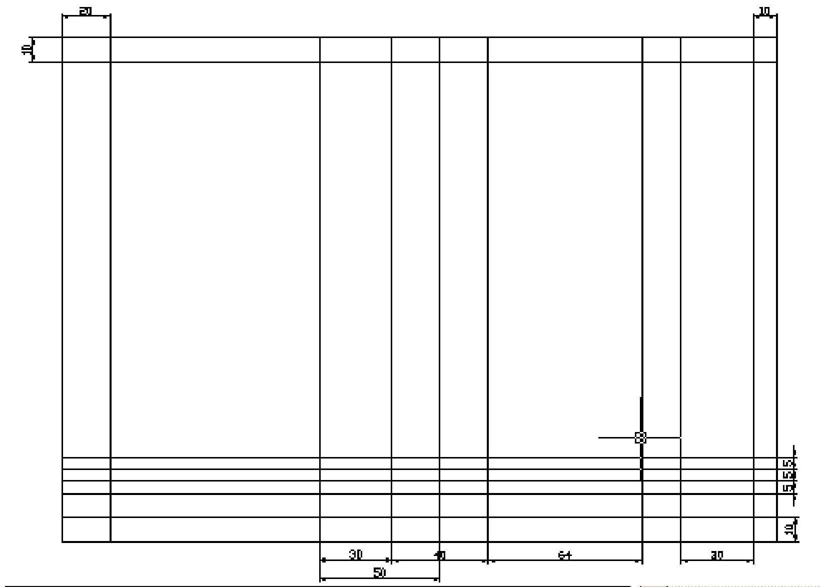
14) Pada tab *Display*, perhatikan pada gambar 2.38. Anda nonaktifkan beberapa tombol radio. Klik *OK* apabila telah selesai.

2. Membuat Kertas Kerja

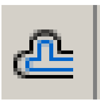
Pada tahap ini anda akan membuat kertas kerja yang akan meliputi kepala gambar pada saat akhir sebelum pencetakan pada kertas sesungguhnya.

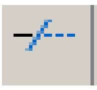
1).  klik tombol *Rectangle*. Klik pada layar setelah itu ketik **D** untuk memasukan ukuran dari kotak yang akan dibuat. Buat kotak seukuran kertas A4 horizontal, dengan panjang 297 dan lebar 210 dan klik lagi pada layar untuk mengakhiri pembuatan kotak.

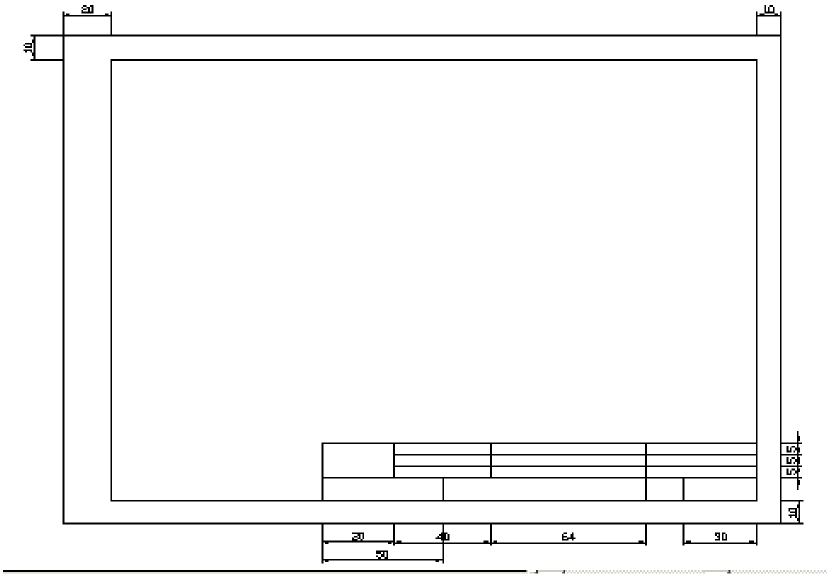
2).  Klik tombol *Explode*. Pilih kotak yang telah dibuat. **Enter.**



Gambar 2.39 Garis hasil offset untuk membuat kertas kerja

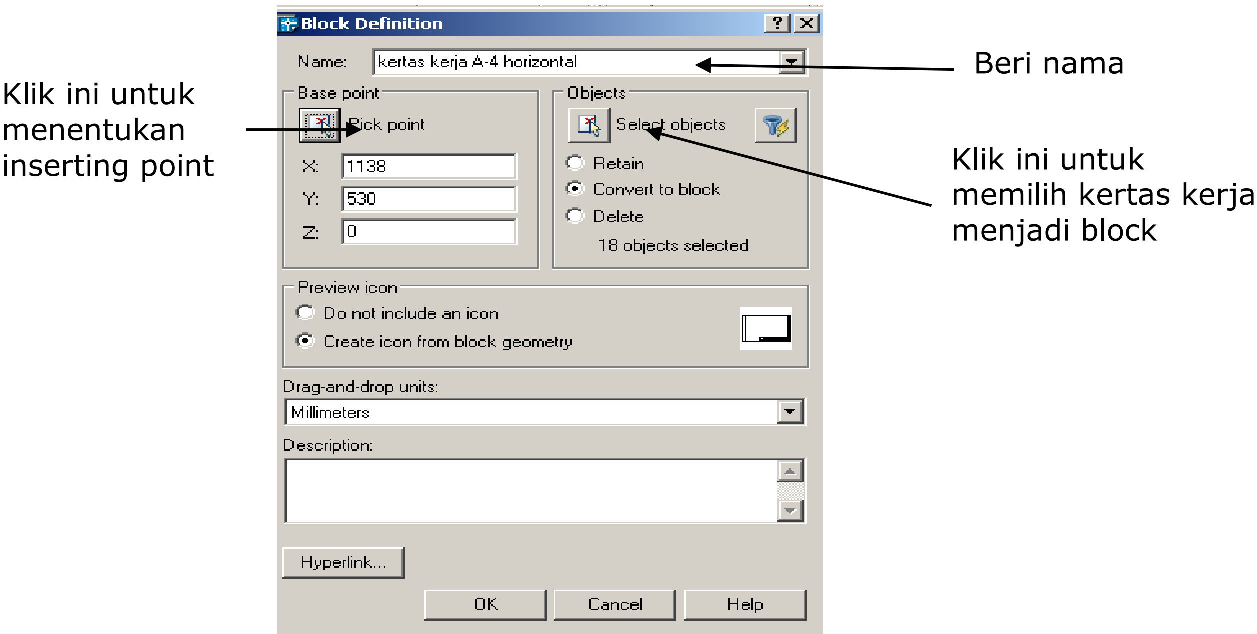
3)  Klik tombol Offset. Anda offset beberapa garis sehingga tampak seperti pada gambar 2.39.

4)  Klik tombol Trim. Potong – potong garis yang tidak perlu sehingga tampak seperti pada gambar 2.40.

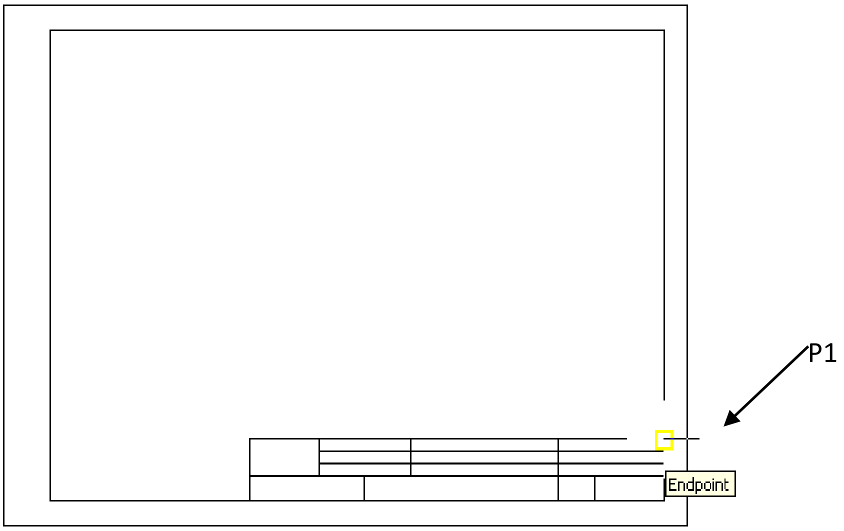


Gambar 2.40 Hasil operasi trim berupa kertas kerja

5)  Klik tombol *Make Block*. Pada gambar 2.41 kotak dialog *Block Definition*, anda beri nama **Kertas Kerja A-4 Horizontal**, pilih tombol *Object* dan tombol *Base Point* untuk menentukan *inserting point* ketika *block* tersebut dimasukan.

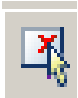


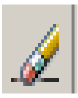
Gambar 2.41 Kotak dialog block definition



Gambar 2.42 Menentukan base point dari block

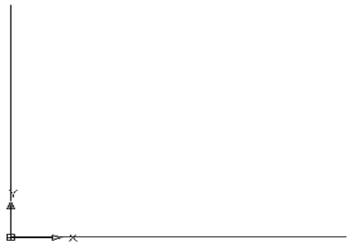
6).  Klik tombol *select objects*. Pilih kertas kerja sebagai objek block.

7)  Klik tombol *base point*. Pilih base point, klik dititik P1 dan klik *OK*.

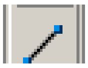
8)  Klik tombol erase. Hapus block yang telah dibuat.

3. Membuat Bushing pada model space

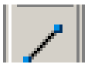
Pada tahap ini, anda akan membuat *bushing 3D* dengan perintah *Revolve*. Sedangkan untuk membuat penampangnya digunakan perintah *line, offset, trim, dan region.*



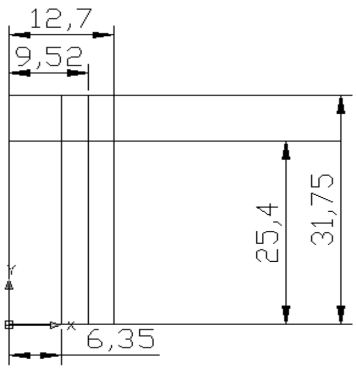
Gambar 2.43 Garis vertikal dan horizontal

1)  Klik tombol *Line.*

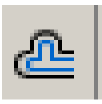
2) Masukkan *first point* koordinat-nya (0,0), tarik garis vertikal kira – kira sejauh 40 mm. Tekan **Enter**.

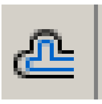
3)  Klik tombol *Line*.

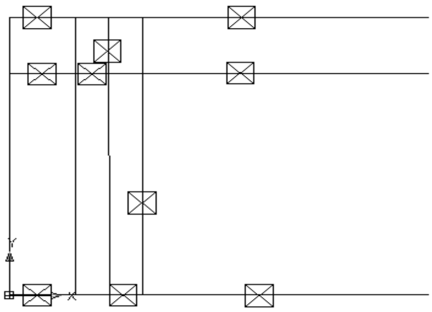
4) Masukkan *first point* koordinat-nya (0,0), tarik garis horizontal kira – kira sejauh 40 mm. Tekan **Enter**. Gambar anda akan nampak seperti pada gambar 2.44.



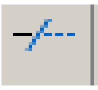
Gambar 2.44 Hasil offset garis vertikal dan horizontal

5)  Klik tombol *Offset*. Anda *offset* garis vertikal sejauh 6,35 mm ke kanan. **Enter 2x**, ulangi perintah yang sama, masukkan 9,52 mm dan 12,7 mm ke kanan.

6)  Klik tombol *Offset*. Anda *offset* garis horizontal dan masukkan nilai offset distance sebesar 25,4 mm dan 31,75 mm ke atas. Perhatikan gambar 2.45. Untuk lebih jelasnya.

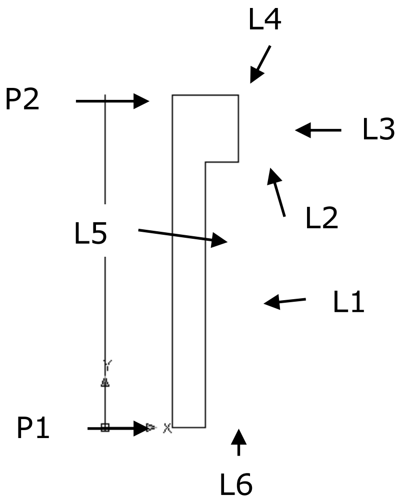


Gambar 2.45 Pemilihan garis pada operasi Trim

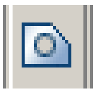
7)  Tekan tombol *Trim*. Pilih semua garis sebagai potongan. Tekan **Enter**.

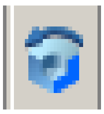
8) Pilih semua garis yang akan dihilangkan, seperti tampak pada gambar 2.46.

9) Hasilnya tampak seperti pada gambar 13.

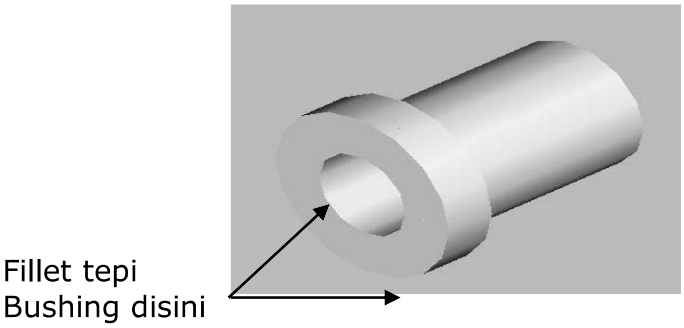


Gambar 2.46 Penampang Bushing hasil operasi trim

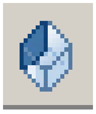
10)  Tekan tombol Region. Pada gambar 13. Anda pilih L1 sampai L6 dan tekan **Enter**.

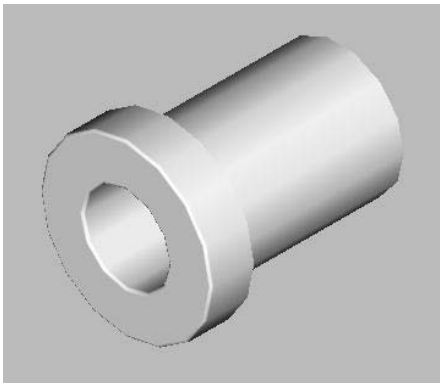
11)  Tekan tombol Revolve. Masih pada gambar 2.47. Anda pilih region yang telah dibuat dan tekan **Enter**. Kemudian klik di P1

dan P2 untuk menentukan sumbu putarnya dan masukkan sudut putarnya 360^0 dan tekan **Enter**.

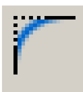


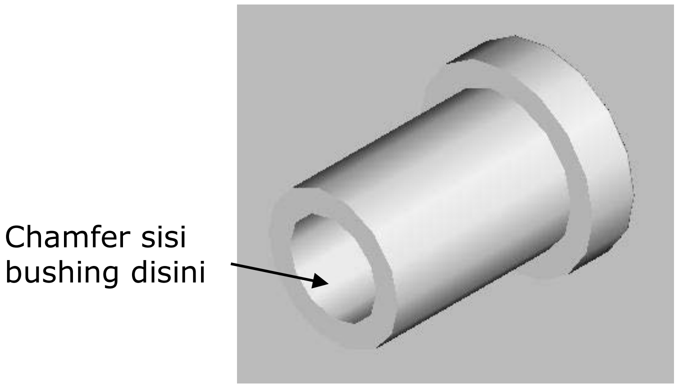
Gambar 2.47 Lokasi Fillet pada bushing

12)     Tekan *NW Isometric View* untuk merubah sudut pandang, lalu tekan tombol *Guround Shade* untuk mendapatkan *Bushing Solid*. Matikan *Snap Mode* dan *Grid Display* untuk memperjelas tampilan dilayar.

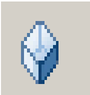
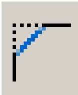


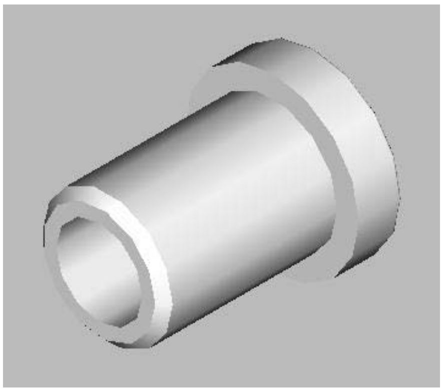
Gambar 2.48 Bushing setelah operasi Fillet

13)  Klik *Fillet*. Ketik **R** untuk mengubah harga radius menjadi 0,41 mm. tekan **Enter**. Pilih tepi Bushing seperti tampak pada gambar 2.48. Tekan **Enter** bila selesai. Hasil proses *Fillet* akan tampak seperti pada gambar 2.49.



Gambar 2.49 Lokasi chamfer pada bushing

14)   Klik tombol *SE Isometric View*. Klik tombol *Chamfer*, ketik **D** dan ubah harga *specify distance chamfer* sebesar 1,27 mm. tekan **Enter** 2x. pada *select first line* pilih tepi bawah elemen *bushing* seperti pada gambar 2.50 dan tekan **Enter** 2x. pada *select an edge [Loop]* anda pilih kembali tepi bawah elemen *bushing* dan tekan **Enter**.

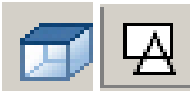


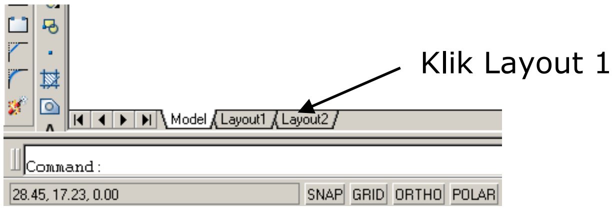
Gambar 2.50 Bushing setelah dichamfer

15)  Klik tombol 3D Orbit dan geser kursor mouse untuk memperoleh pandangan terbaik. Hasil operasi Chamfer akan tampak seperti gambar 2.51.

4. Membuat Gambar Kerja pada Paper Space

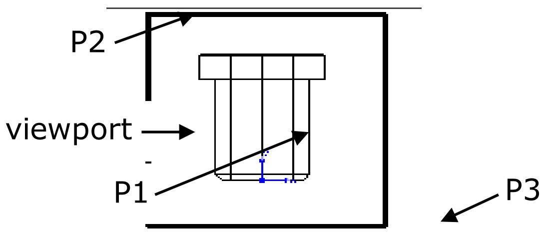
Pada tahap selanjutnya, anda akan membuat gambar kerja yang terdiri dari kertas kerja, pandangan orthogonal elemen bushing, dan kepala gambar, sebelum akhirnya dicetak.

1)  Klik tombol *Top View* dan tombol *2D Wireframe* berturut – turut untuk menampilkan bushing pada posisi awal dan tampak sebagai wireframe.

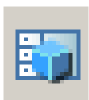


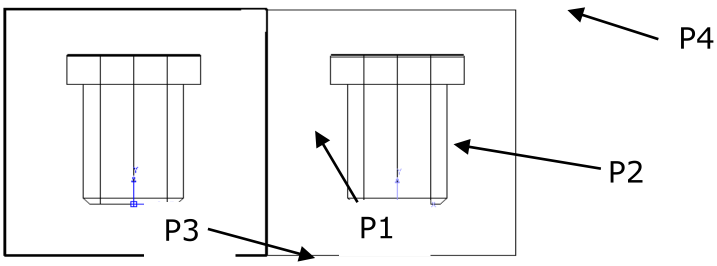
Gambar 2.52. Layout 1

2) Klik tab *Layout*, akan muncul *Paper Space*. Untuk lebih jelas lihat gambar 2.52.



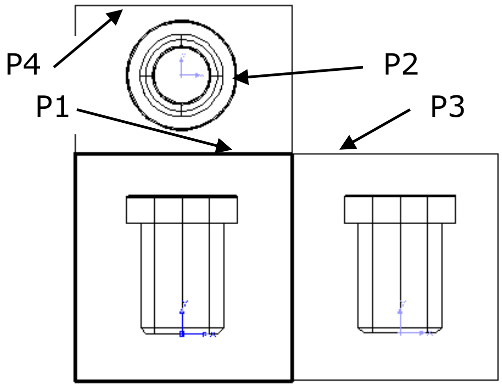
Gambar 2.52.Pembuatan tampak depan

3)  Klik tombol *Setup View*. *Enter an option* pada *commant promt* anda pilih *Ucs*. Ketik **U**. setelah itu pilih *Current*. Ketik **C**. masukan skala 1. Pada *Specify view center* anda klik ditengah layar dititik P1 dan tekan **Enter**. Kemudian anda lingkupi gambar yang sudah jadi untuk membuat *viewport* gambar tersebut, klik titik P2 dan P3. Beri nama **tampak depan**, dan tekan **Enter**. Perhatikan gambar 2.53.



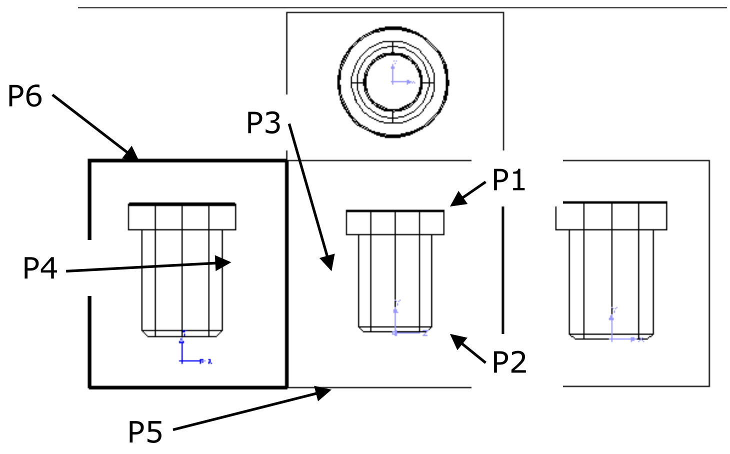
Gambar 2.53. Pembuatan tampak kanan

4) Pada *commant promt* anda pilih *Ortho*. Ketik **O**. Klik sisi kanan *viewport* tampak depan pada titik P1. Klik disebelah kanan *viewport* tampak depan untuk menentukan letak pandangan kanan klik dititik P2 dan tekan **Enter**. Buat *viewport* tampak kanan dengan cara klik dititik P3 dan P4. Beri nama **tampak kanan**, dan tekan **Enter**. Lihat gambar 2.54. Untuk lebih jelasnya.



Gambar 2.54. Pembuatan tampak atas

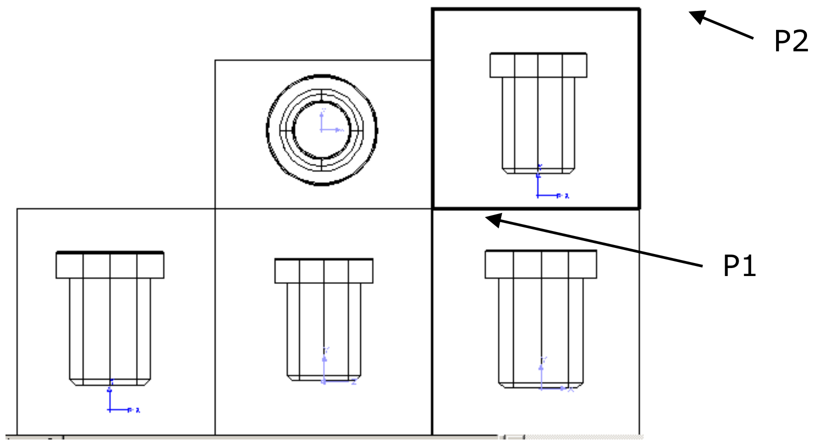
5) Pada *commant promt* anda pilih *Ortho* lagi. Ketik **O**. Klik sisi atas *viewport* tampak depan pada P1. Klik disebelah atas viewport tampak depan untuk menentukan letak tampak atas pada titik P2 dan tekan **Enter**. Buat *viewport* tampak atas dengan cara klik pada titik P3 dan P4. Beri nama **tampak atas**, dan tekan **Enter**. Lihat gambar 2.55 untuk lebih jelas.
6) Pada *commant promt* anda pilih *Section*. Ketik **S**. Klik *viewport* tampak depan.



Gambar 2.55. Pembuatan section

7) 

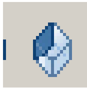
Aktifkan *Osnap Mode*. Klik di P1 dan P2 untuk menentukan letak bidang potong. Kemudian klik P3 untuk menentukan sisi pandangan potongan yang akan dibuat. Klik P4 untuk menentukan letak potongan dan tekan **Enter**. Buat viewport potongan dengan cara klik dititik P5 dan P6. Beri nama **section** dan tekan **Enter 2x**. lihat gambar 2.56 untuk lebih jelasnya.

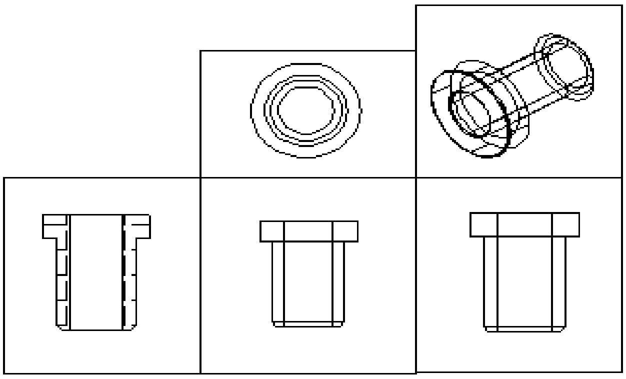


Gambar 2.56. Pembuatan MVIEW

8) Pada command promt, ketik MVIEW, untuk membuat gambar isometriknya. Buat lingkupan sebagai batas viewport dari gambar isometrik. Klik titik P1 dan klik titik P2. Lihat gambar 2.57 untuk jelasnya.

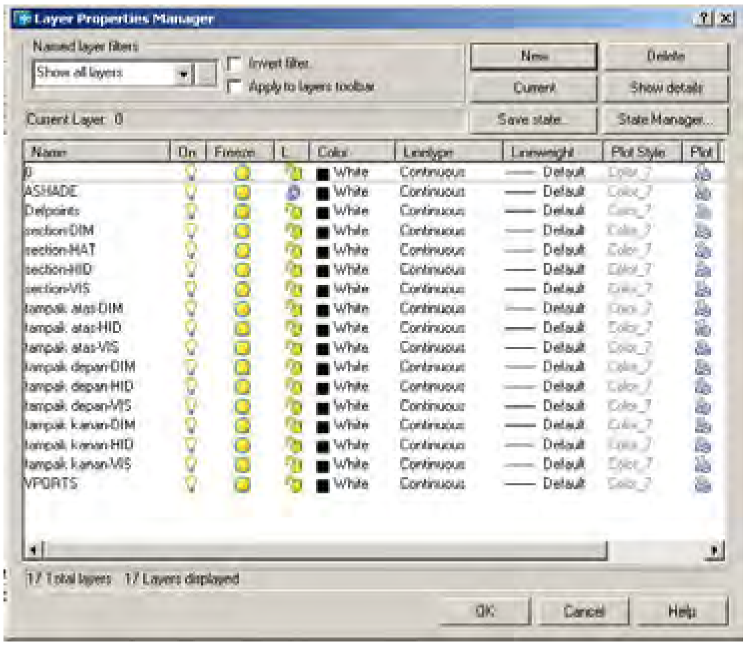
9) Aktifkan viewport MVIEW, klik didalam viewport tersebut

10)  Klik tombol NW Isometric View. Hasilnya akan tampak pada gambar 24.



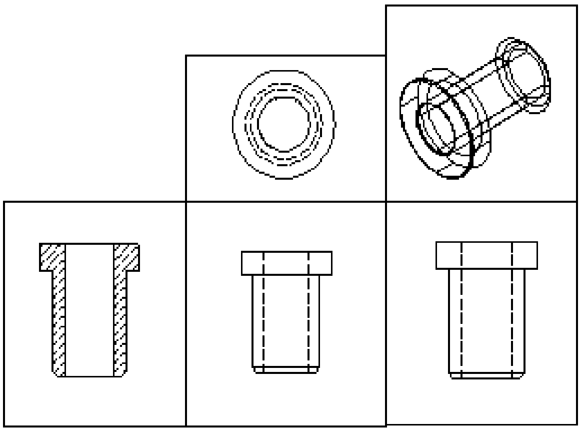
Gambar 2.57. Mview setelah diaplikasikan NW Isometric View

11)  Klik tombol Setup Drawing. Pilih semua gambar pandangan dan potongan dan Enter.



Gambar 2.58. Kotak dialog load or reload linetypes

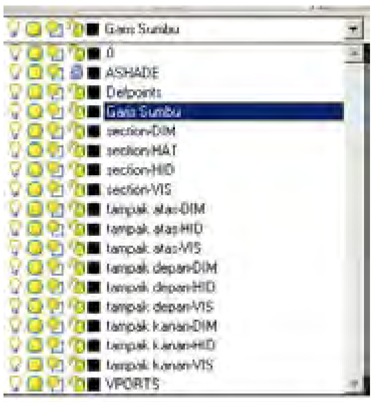
12)  Klik tombol Layer. Pada Layer Properties Manager, anda buat layer baru dengan nama Garis Sumbu, ubah jenis garis dan ketebalan garis seperti pada gambar 2.59.



Gambar 2.59. Pandangan setelah diaplikasikan setup drawing

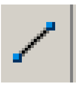
13) Gambar anda akan tampak seperti pada gambar 26 setelah diaplikasikan setup drawing.

14) Aktifkan viewport tampak depan dengan cara klik didalam viewport tersebut. Viewport aktif jika batas viewport-nya tampak tebal, seperti pada gambar 2.60



Gambar 2.60. Cara pengaktifan layer garis sumbu

15) Aktifkan layer garis sumbu, dengan jalan klik pada pulldown menu layer dan pilih layer garis sumbu. Perhatikan gambar 2.61.

16)  

Klik tombol line dan aktifkan Osnap Mode. Buat garis sumbu yang melalui pusat elemen bushing.

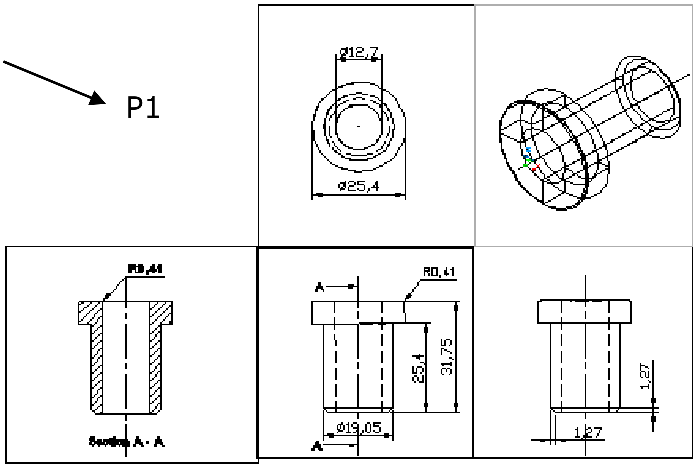
17) Berikan ukuran pada viewport yang akan dikasih ukuran tetapi harus diaktifkan viewportnya terlebih dahulu dengan cara klik pada kotaknya. Dan pilih pada layer tampak depan, kanan, atas dan section.

18) 

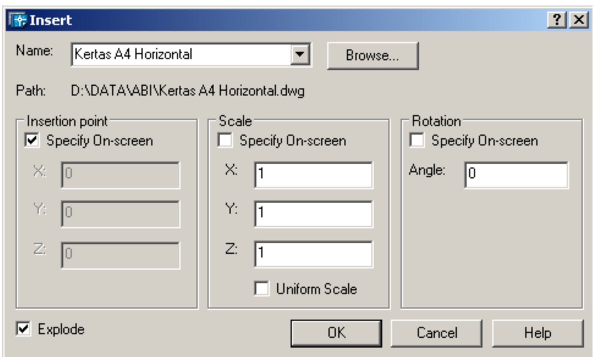
Klik tombol Multiliner Text. Berikan nama section A – A.

19) Klik 2x dititik P1 untuk menonaktifkan semua viewport.

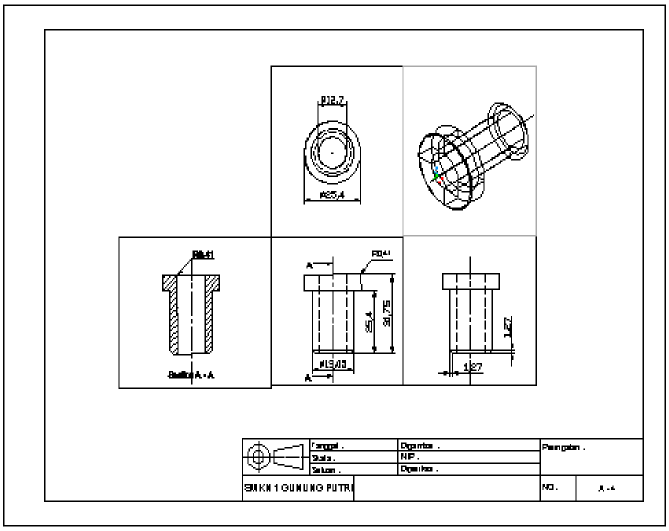
20) Hasil dari langkah 1 sampai 19 akan terlihat pada gambar 2.62.



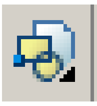
Gambar 2.61. Hasil implementasi dimensi dan annotasi



Gambar 2.62. Kotak dialog insert

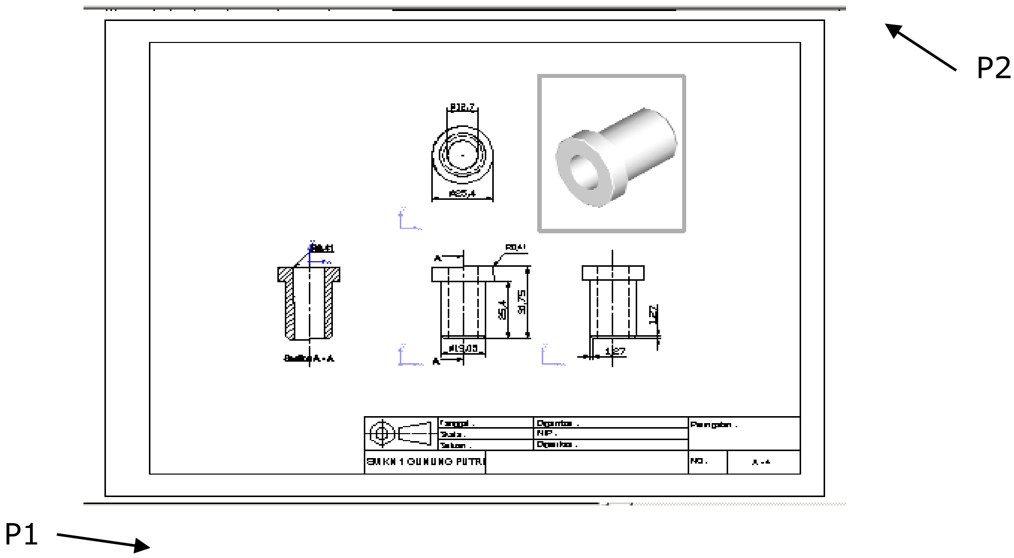


Gambar 2.63. Posisi penempatan block kertas kerja

21)  Klik tombol Insert Block. Perhatikan gambar 2.63. Anda pilih nama block kertas gambar A-4 Horizontal dan klik OK. Masukkan block tersebut dan posisikan sehingga nampak seperti pada gambar 2.63.

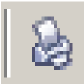
22) 

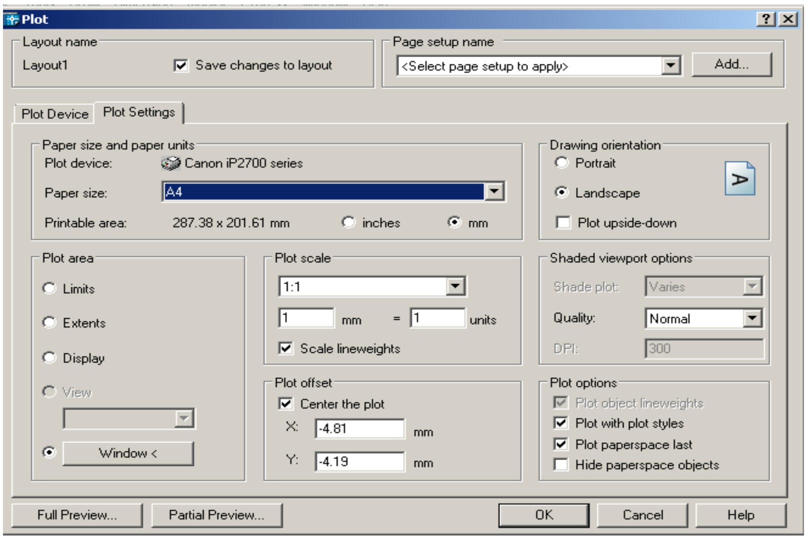
Klik tombol Multi Line Text. Beri kepala gambar dengan identitas beserta kelengkapannya, seperti pada gambar 2.64.



Gambar 2.64. Gambar kerja setelah layer viewport dimatikan

23) Matikan layer viewport, maka tampilan kertas kerja anda akan tampak seperti gambar 2.65.

24)  Klik tombol Plot.



Gambar 2.65. Kotak dialog plot

25) Ketika muncul kotak dialog plot seperti pada gambar 32. Anda klik tab plot setting dan pilih ukuran kertas A-4 landscape. Pada plot offset anda aktifkan tombol radio center the plot, pada plot scale anda pilih 1 : 1.

26) 

Klik tombol window, perhatikan gambar 31, kemudian klik P1 dan P2.

27) 

Klik tombol full preview.

Evaluasi

A. Evaluasi Diri

Penilaian Diri						
Evaluasi diri ini diisi oleh siswa, dengan memberikan tanda ceklis pada pilihan penilaian diri sesuai kemampua siswa bersangkutan.						
No	**Aspek Evaluasi**	**Penilaian diri**				
		Sangat Baik (4)	**Baik (3)**	**Kurang (2)**	**Tidak Mampu (1)**
A	**Sikap**				
1	Disiplin				
2	Kerjasama dalam kelompok				
3	Kreatifitas				
4	Demokratis				
B	**Pengetahuan**				
1	Memahami dasar Auto - Cad				
	Memahami Penerapan Prinsip Auto - Cad				
C	**Keterampilan**				
1	Mengambar teknik menggunakan Auto – Cad				

B. Review

Jawablah pertanyaan di bawah ini dengan benar!

1. Apa yang di maksud dengan AUTO-CAD
2. Jelaskan langkah-langkah membukak program/layar Auto Cad
3. Sebutkan bagian-bagian layar Auto cad
4. Bagaimana cara memilih satuan? , Tuliskan langkah-langkah kerjanya!
5. Menu apa saja yang terdapat pada *tools bar* standar ?
6. Tuliskan langkah-langkah untuk mengganti *background*!
7. Bagai mana cara untuk menyimpan data? Jelaskan!
8. Jelaskan, bagaimana cara untuk mengganti nama file dengan nama lain?
9. Tuliskan bagian bagian pada layar AutoCAD !
10. Bagaimanna cara keluar dari program Auto CAD? Jelaskan

BAB 3

MENERAPKAN PRINSIP DASAR MESIN CNC

Kata Kunci:

- *Mesin CNC*
- *sumbu utama*
- *pemrograman*
- *Setting benda kerja*
- *Kecepatan potong*
- *Siklus Pemrograman*

Deskripsi

Komponen instrument logam meliputi banyak jenis komponen yang dapat dibuat dengan menggunakan mesin bubut konvensional. Pada bab ini akan dijelaskan proses pembuatan komponen instrument logam dengan mesin bubut CNC dan Frais, melanjutkan materi yang telah dibahas pada buku jilid 1. Materi yang dibahas pada bab ini meliputi ;

- *persiapan pekerjaan,*
- *pemilihan alat potong,*
- *kerja bubut lanjut untuk pembuatan instrument logam.*

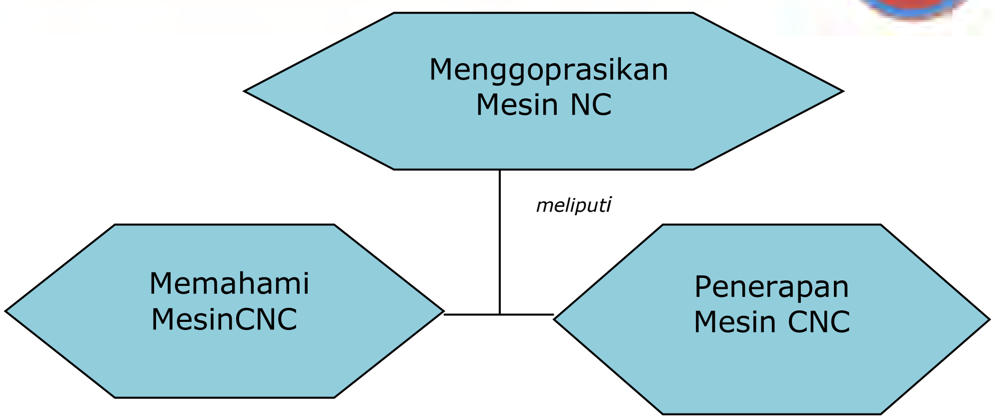
Diharapkan setelah mempelajari materi ini Kamu memahamami dasar mesin CNC bubut dan frais sebagai dasar pembelajaran pembuatan komponen instrument logam dengan menggunakan mesin CNC.

Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari Bab 2 ini, Kamu diharapkan dapat;

1. Mengidentifikasi lingkup materi Mesin CNC
2. Menerapkan prinsip Mesin CNC

Peta Konsep



Rencana Belajar Siswa

Pada hari ini, ... tanggal ....tahun .... Guru beserta siswa merencanakan pelaksanaan kegiatan belajar sebagaimana tabel di bawah ini

No	Jenis kegiatan	Tanggal	Waktu	Tempat belajar	Catatan Perubahan
1	Memahami dasar Mesin CNC				
2	Memahami Penerapan Prinsip Mesin CNC				
3	Mengerjakan soal evaluasi				

............................., ...

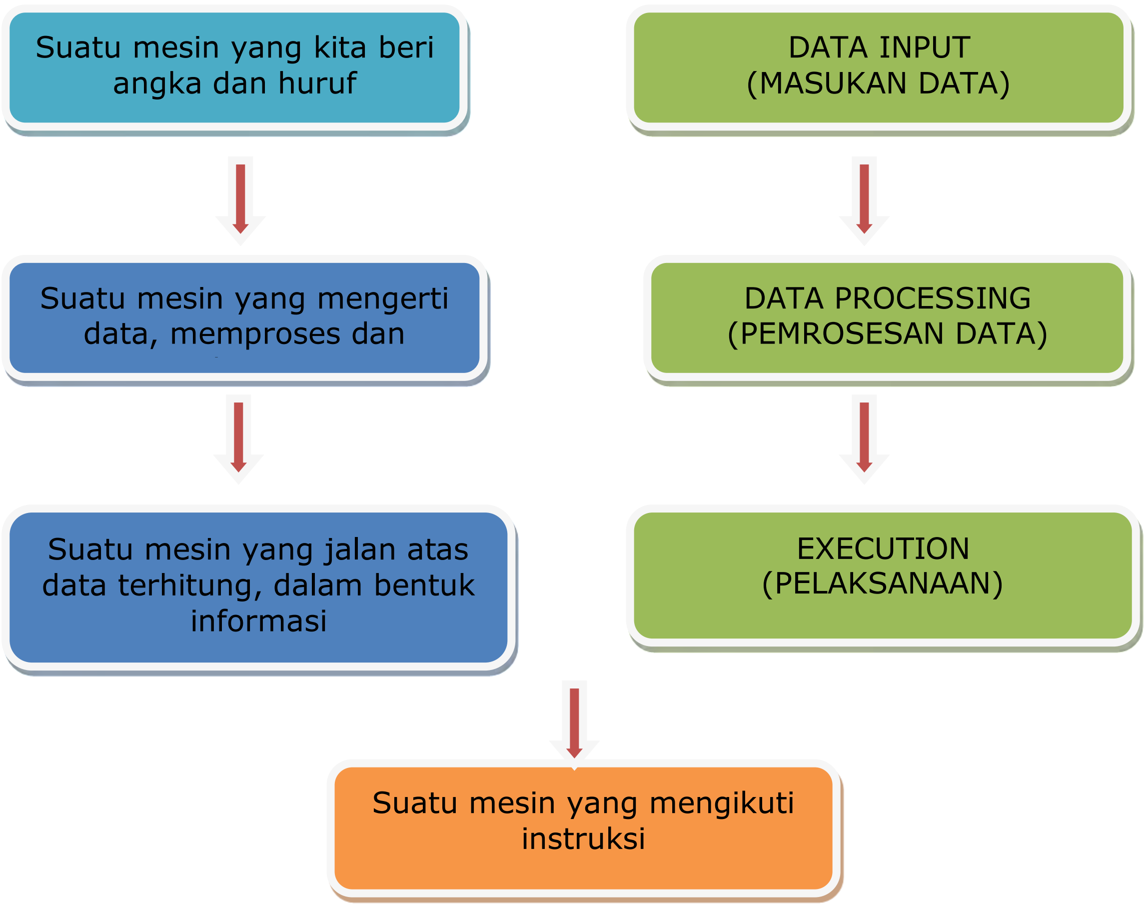
Guru Orangtua/Wali Siswa Siswa

....
....

Uraian Materi

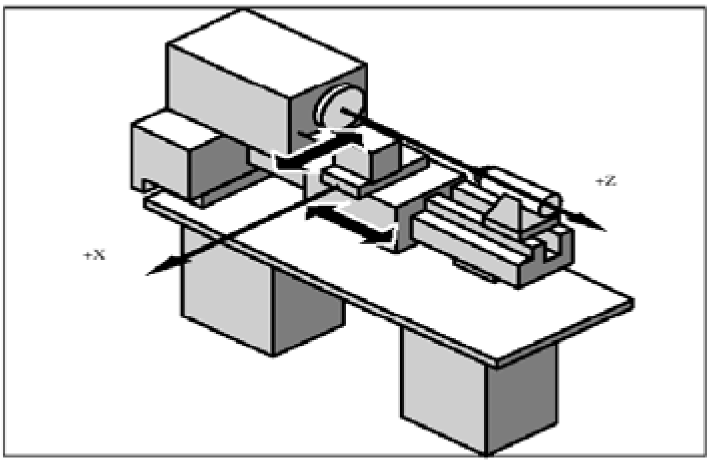
A. Sejarah Mesin CNC

Mesin CNC singkatan dari Mesin Computer Numerically Controlled, merupakan mesin perkakas yang dikendalikan oleh komputer dengan bahasa numerik. Bahasa numerik adalah perintah kerja dalam bentuk kode huruf dan angka yang telah distandardisasikan, di mana kode-kode tersebut akan menginstruksikan ke mesin CNC agar bekerja sesuai dengan program benda kerja yang akan dibuat. Jadi secara sederhana pengertian mesin CNC



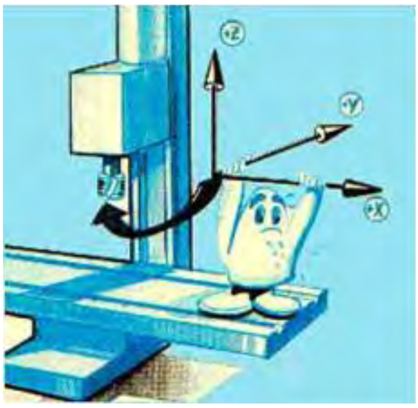
Menurut segi pemanfaatannya, mesin perkakas CNC dapat dibagi menjadi dua, antara lain : (1) mesinCNC Training Unit (TU), yaitu mesin yang digunakan sarana pendidikan maupun pelatihan; (2) mesin CNC Production Unit (PU), yaitu mesin CNC yang digunakan untuk membuat benda kerja / komponen dalam skala yang lebih besar.

Dari segi jenisnya, mesin perkakas CNC dapat dibagi menjadi tiga jenis, antara lain : (1) mesin CNC2A yaitu mesin CNC 2 aksis, karena gerak pahatnya hanya pada arah dua sumbu koordinat (aksis) yaitu koordinat X dan koordinat Z, atau dikenal dengan mesin bubut CNC;



Gambar 3.1 Mesin CNC 2 aksis

(2) mesin CNC 3A, yaitu mesin CNC 3 aksis atau mesin yang memiliki gerakan sumbu utama ke arah sumbu koordinat X, Y dan Z, atau dikenal dengan mesin frais CNC



Gambar 3.2 Mesin CNC 3 aksis

B. Prinsip Kerja Mesin Bubut CNC

Mesin Bubut CNC mempunyai prinsip gerakan dasar seperti halnya Mesin Bubut konvensional yaitu gerakan ke arah melintang dan horizontal dengan sistem koordinat sumbu X dan Z. Prinsip kerja Mesin Bubut CNC T juga sama dengan Mesin Bubut konvensional yaitu benda kerja yang dipasang pada cekam bergerak sedangkan alat potong diam. Untuk arah gerakan pada Mesin Bubut diberi lambang sebagai berikut :

a. Sumbu X untuk arah gerakan melintang tegak lurus terhadap sumbu putar.
b. Sumbu Z untuk arah gerakan memanjang yang sejajar sumbu putar.

Untuk memperjelas fungsi sumbu-sumbu Mesin Bubut CNC dapat dilihat pada gambar ilustrasi di bawah ini :

C. Bagian Utama Mesin Bubut CNC

1. Bagian mekanik

a. Motor utama

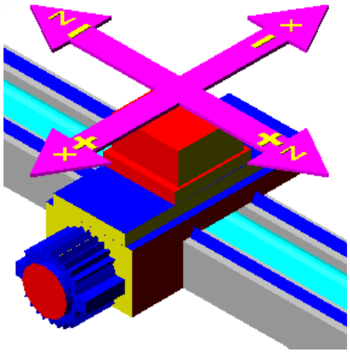
Motor utama adalah motor penggerak cekam untuk memutar benda kerja. Motor ini adalah jenis motor arus searah/DC (*Direct Current*) dengan kecepatan putaran yang variabel. Adapun data teknis motor utama adalah:

1) Jenjang putaran 600 – 4000 rpm b) Power Input 500 Watt
2) Power Output 300 Watt

b. Eretan/Support

Eretan adalah gerak persum buan jalannya mesin. Untuk Mesin Bubut dibedakan menjadi dua bagian, yaitu :

1) Eretan memanjang (sumbu Z) dengan jarak lintasan 0 300 mm.
2) Eretan melintang (Sumbu X) dengan jarak lintasan 0–50 mm

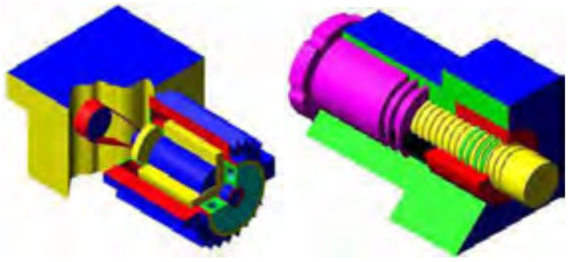


Gambar 3.3 Eretan

c. Motor Step

Step motor berfungsi untuk menggerakkan eretan, yaitu gerakan sumbu X dan gerakan sumbu Z. Tiap-tiap eretan memiliki step motor sendiri- sendiri, adapun data teknis step motor sebagai berikut:

1) Jumlah putaran 72 langkah
2) Momen putar 0.5 Nm.
3) Kecepatan gerakan :
   - Gerakan cepat maksimum 700 mm/menit.
   - Gerakan operasi manual 5 – 500 mm/menit.
   - Gerakan operasi mesin CNC terprogram 2- 499 mm/menit.



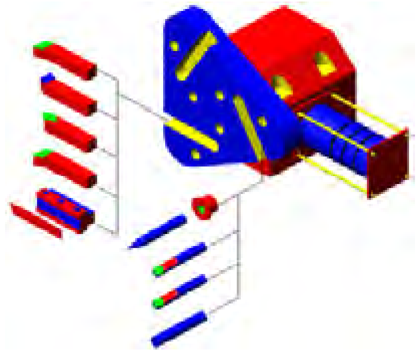
Gambar 3.4 Motor step

d. Rumah Alat Potong (*Revolver/Toolturret*)

Rumah alat potong berfungsi sebagai penjepit alat potong pada saat proses pengerjaan benda kerja. Adapun alat yang dipergunakan disebut *revolver* atau *toolturet*, *revolver* digerakkan oleh step motor sehingga bisa digerakkan secara manual maupun terpogramPada *revolver* bisa dipasang enam alat potong sekaligus yang terbagi mejadi dua bagian, yaitu :

1) Tiga tempat untuk jenis alat potong luar dengan ukuran 12x12 mm. Misal: pahat kanan luar, pahat potong, pahat ulir, dll.

2) Tiga tempat untuk jenis alat potong dalam dengan maksimum diameter 8 mm. Misal: pahat kanan dalam, bor, *center drill*, pahat ulir dalam, dll.



Gambar 3.5 Rumah alat potong

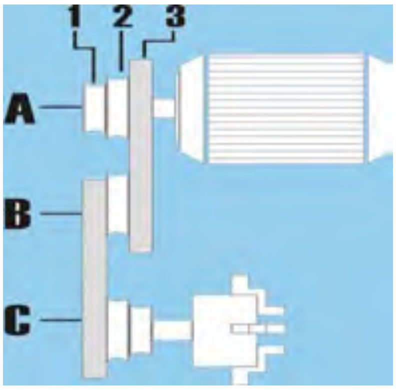
e. Cekam

Cekam pada Mesin Bubut berfungsi untuk menjepit benda kerja pada saat proses penyayatan berlangsung. Kece- patan spindel Mesin Bubut ini diatur menggunakan transmisi sabuk. Pada sistem transmisi sabuk dibagi menjadi enam transmisi penggerak.



Gambar 3.6 Cekam

Adapun tingkatan sistem transmisi penggerak *spindle* utama mesin CNC , bisa dilihat dari gambar ilustrasi gambar berikut

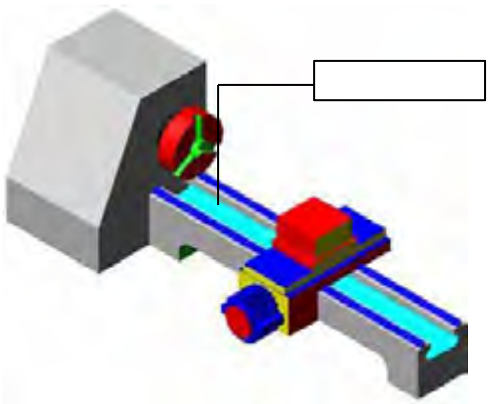


Gambar 3. 7 Tingkatan sistem transmisi penggerak *spindle* utama mesin CNC

Enam tingkatan *pulley* penggerak tersebut memungkinkan untuk pengaturan berbagai putaran sumbu utama. Sabuk perantara *pulley* A dan *pulley* B bersifat tetap dan tidak dapat diubah, sedangkan sabuk perantara *pulley* B dengan *pulley* C dapat dirubah sesuai kecepatan putaran yang diinginkan, yaitu pada posisi BC1, BC2, dan BC3.

f. Meja Mesin

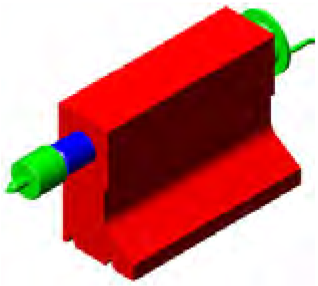
Meja mesin atau *sliding bed* sangat mempengaruhi baik buruknya hasil pekerjaan menggunakan Mesin Bubut ini, hal ini dikarenakan gerakan memanjang eretan (gerakan sumbu Z) tertumpu pada kondisi *sliding bed* ini. Jika kondisi *sliding bed* sudah aus atau cacat bisa dipastikan hasil pembubutan menggunakan mesin ini tidak akan maksimal, bahkan benda kerja juga rusak. Hal ini juga berlaku pada Mesin Bubut konvensional.



Gambar 3.8 Meja mesin

g. Kepala Lepas

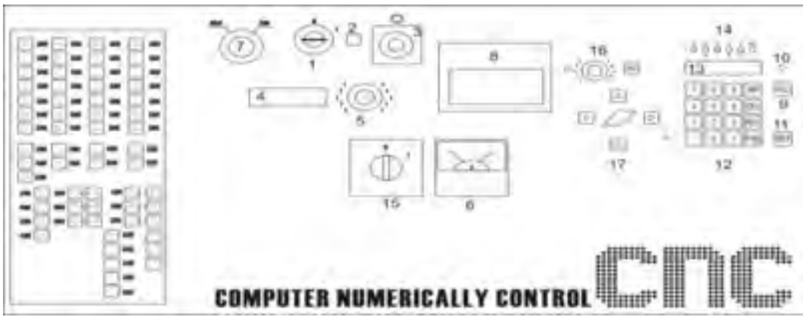
Kepala lepas berfungsi sebagai tempat pemasangan senter putar pada saat proses pembubutan benda kerja yang relatif panjang. Pada kepala lepas ini bisa dipasang pencekam bor, dengan diameter mata bor maksimum 8 mm. Untuk mata bor dengan diameter lebih dari 8 mm, ekor mata bor harus memenuhi syarat ketirusan MT1



Gambar 3.9 Kepala lepas

2. Bagian Pengendali/Kontrol

Bagian pengendali/kontrol merupakan bak kontrol mesin CNC yang berisikan tombol-tombol dan saklar serta dilengkapi dengan monitor. Pada bok kontrol merupakan unsur layanan langsung yang berhubungan dengan operator. Gambar berikut menunjukan secara visual dengan nama-nama bagian sebagai berikut



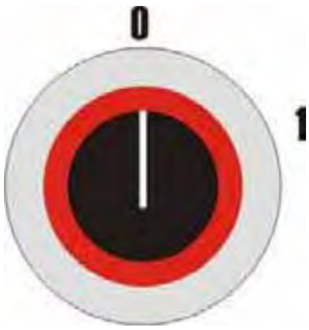
Gambar 3.10 Pengendali/kontrol

Keterangan :

1. Saklar utama
2. Lampu kontrol saklar utama
3. Tombol emergensi
4. Display untuk penunjukan ukuran

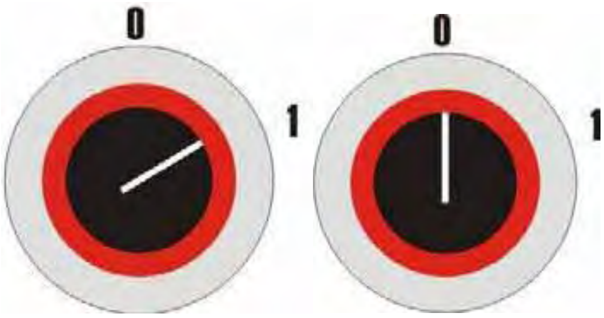
5. Saklar pengatur kecepatan sumbu utama
6. Amperemeter
7. Saklar untuk memilih satuan metric atau inch
8. *Slot disk drive*
9. Saklar untuk pemindah operasi manual atau CNC (H=*hand/manual*, C= CNC)
10. Lampu control pelayanan CNC
11. Tombol START untuk eksekusi program CNC
12. Tombol masukan untuk pelayanan CNC
13. Display untuk penunjukan harga masing masing fungsi (X, Z, F, H), dll.
14. Fungsi kode huruf untuk masukan program CNC
15. Saklar layanan sumbu utama
16. Saklar pengatur asutan
17. Tombol koordinat sumbu X, Z.

Saklar utama adalah pintu masuk aliran listrik ke kontrol pengendali CNC. Cara kerja saklar utama yaitu jika kunci saklar utama diputar ke posisi 1 maka arus listrik akan masuk ke kontrol CNC.



Gambar 3.11 Saklar utama

Sebaliknya jika kunci saklar utama diputar kembali ke angka 0 maka arus listrik yang masuk ke kontrol CNC akan terputus. Untuk lebih jelasnya perhatikan gambar di bawah ini:



Gambar 3.12 Saklar utama posisi On dan Off

a. Tombol Darurat/*Emergency Switch*

Tombol ini digunakan untuk memutus aliran listrik yang masuk ke kontrol mesin. Hal ini dilakukan apabila akan terjadi hal-hal yang tidak diinginkan akibat kesalahan program yang telah dibuat.



Gambar 3.13 Emergency switch

b. Saklar Operasi Mesin *(Operating Switch)*

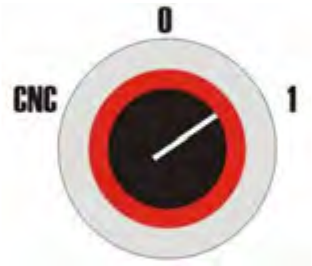
Saklar layanan mesin ini digunakan untuk memutar sumbu utama yang dihubungkan engan rumah alat potong. Saklar ini yang mengatur perputaran sumbu utama sesuai menu yang dijalankan, yaitu perputaran manual dan CNC



Gambar 3.14 Saklar operasi mesin

Cara kerja saklar operasi adalah sebagai berikut :

1) Jika saklar diputar pada angka 1 maka menu yang dipilih adalah menu manual (lihat Gambar 2.15), yaitu pergerakan eretan, kedalaman pemakanan tergantung oleh operator.



Gambar 3.15 Menu manual

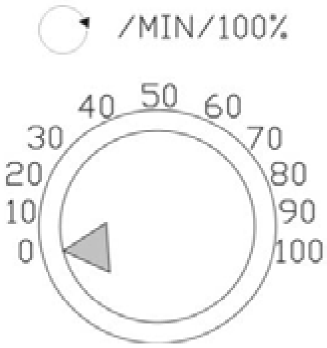
2) Jika saklar diputar pada "CNC" berarti menu yang dipilih adalah menu CNC (lihat Gambar 3.16), yaitu semua pergerakan yang terjadi dikontrol oleh komputer baik itu gerakan sumbu utama gerakan eretan, maupun kedalaman pemakanan



Gambar 3.16 Menu CNC

C. Saklar Pengatur Kecepatan Sumbu Utama

Saklar ini berfungsi untuk mengatur kecepatan putar alat potong pada sumbu utama. Saklar ini bisa berfungsi pada layanan CNC maupun manual. Kecepatan putaran sumbu utama mesin CNC TU-2A berkisar antara 50–3000 RPM,sesuai tabel putaran pada mesin

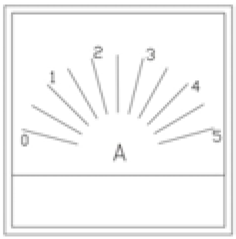


. Gambar 3.17 Saklar pengatur kecepatan sumbu utama

Cara pengoperasian saklar pengatur kecepatan sumbu utama ini adalah, saklar pengatur kecepatan sumbu utama diputar ke arah kanan mendekati angka 100 untuk meningkatkan kecepatan putaran *spindle.* Untuk mengurangi kecepatan *spindle* putar kembali saklar pengatur kecepatan sumbu utama ke arah kiri mendekati angka 0.

d. Ampere Meter

Ampere meter berfungsi sebagai *display* besarnya pemakaian arus aktual dari motor utama. Fungsi utama dari ampere meter ini untuk mencegah beban berlebih pada motor utama



Gambar 3.18 Ampere meter

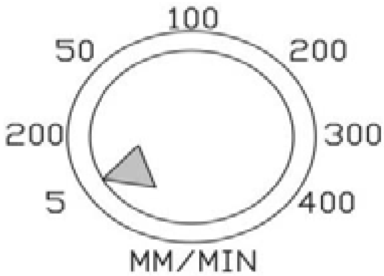
Arus yang diijinkan pada saat pengoperasian mesin adalah 4 Ampere. Apabila mesin dioperasikan secara terus menerus (kontinu) besarnya arus aktual yang diijinkan sebesar 2 Ampere. Besarnya beban arus aktual pada motor utama pada saat pengoperasian dapat dikurangi dengan cara mengurangi kedalaman dan kecepatan penyayatan.

Disk drive pada mesin CNC dimaksudkan untuk pelayanan pengoperasian disket. Dengan pelayanan disket dapat dilakukan :

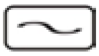
1) Menyimpan data dari memori mesin ke dalam memori disket.
2) Memindah data program dari data ke dalam memori mesin.

E. Saklar Pengatur Asutan *(Feed Overide)*

Saklar ini berfungsi sebagai pengatur kecepatan gerakan asutan dari eretan mesin. Saklar ini hanya dipergunakan pada pengoperasian mesin secara manual. Kecepatan asutan untuk mesin CNC-TU2A berkisar antara 5– 400 mm/menit



Gambar 3.19 Saklar pengatur asutan

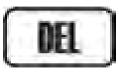
 Untuk menjalankan gerakan cepat *(rapid)* dapat menggunakan tombol yang ditekan secara bersamaan dengan tombol koordinat sumbu X dan Z yang dikehendaki.



Tombol ini berfungsi untuk memindahkan fungsi dari fungsi CNC ke fungsi manual, atau sebaliknya.



Tombol ini berfungsi untuk menyimpan data pada memori mesin.



Tombol ini berfungsi untuk menghapus satu karakter/kata untuk diganti.

REV Tombol ini berfungsi untuk memindah cursor kembali ke nomor blok program sebelumnya.

FWD Tombol ini berfungsi untuk memindah cursor menuju nomor blok berikutnya.

— Tomboluntuk:

- Memasukkan data bernilai negatif, tombol ini ditekan setelah memasukkan nilai/angka yang dikehendaki.
- Memasukkan data dengan karakter M. Contoh: M99, M03, M05.
- Menguji kebenaran program, setelah program selesai dibuat, tekan dan tahan tombol ini, secara otomatis program yang telah dibuat akan dicek kebenarannya oleh komputer.

→ Tombol ini berfungsi untuk memindahkan cursor.

~ Kombinasi tombol untuk menyisipkan satu baris blok program.

INP (Tekan tombol **~** diikuti tombol **INP**).

~ Kombinasi tombol untuk menghapus satu baris blok program.

DEL (Tekan tombol **~** diikuti tombol **DEL**).

REV Kombinasi tombol untuk:

INP

- Menghapus alarm. (Tekan tombol **REV** diikuti tombol **INP**)
- Kembali ke awal program.

INP Kombinasi tombol untuk mengeksekusi

FWD programagar berhenti sementara.

(Tekan tombol **INP** diikuti tombol **FWD**)

1,2,3 **START** Tombol kombinasi untuk mengeksekusi program secara satu persatu dalam setiap blok program.Kombinasi ini biasa digunakan sebagai salah satucara pengecekan kebenaran program.
(Tekan tombol **1** disusul tombol **START**)

START Tombol ini dipergunakan untukmengeksekusi program secara keseluruhan.

DEL Tombol kombinasi untuk menghapus program secara keseluruhan dari memori mesin.
(Tekan tombol **DEL** diikuti **INP**)

FUNGSI G

G 00 : Gerak lurus cepat (tidak boleh menyayat) G 01 : Gerak lurus penyayatan

G 02 : Gerak melengkung searah jarum jam (CW)

G 03 : Gerak melengkung berlawanan arah jarum jam (CCW) G 04 : Gerak penyayatan (feed) berhenti sesaat

G 21 : Baris blok sisipan yang dibuat dengan menekan tombol ~ dan INP

G 25 : Memanggil program sub routine

G 27 : Perintah meloncat ke nomeor blok yang dituju

G 33 : Pembuatan ulir tunggal

G 64 : Mematikan arus step motor

G 65 : Operasi disket (menyimpan atau memanggil program) G 73 : Siklus pengeboran dengan pemutusan tatal

G 78 : Siklus pembuatan ulir

G 81 : Siklus pengeboran langsung

G 82 : Siklus pengeboran dengan berhenti sesaat G 83 : Siklus pengeboran dengan penarikan tatal G 84 : Siklus pembubutan memanjang

G 85 : Siklus pereameran

G 86 : Siklus pembuatan alur

G 88 : Siklus pembubutan melintang

G 89 : Siklus pereameran dengan waktu diam sesaat

G 90 : Program absolut

G 91 : Program Incremental

G 92 : Penetapan posisi pahat secara absolut

FUNGSI M

M 00 : Program berhenti

M 03 : Spindle / sumbu utama berputar searah jarum jam (CW) M 05 : Putaran spindle berhenti

M 06 : Perintah penggantian alat potong (tool) M 17 : Perintah kembali ke program utama

M 30 : Program berakhir

M 99 : Penentuan parameter I dan K

KODE ALARM

A 00 : Kesalahan perintah pada fungsi G atau M

A 01 : Kesalahan perintah pada fungsi G02 dan G03

A 02 : Kesalahan pada nilai X

A 03 : Kesalahan pada nbilai

A 04 : Kesalahan pada nilai Z A 05 : Kurang perintah M30

A 06 : Putaran spindle terlalu cepat

A 09 : Program tidak ditemukan pada disket

A 10 : Disket diprotek

A 11 : Salah memuat disket

A 12 : Salah pengecekan

A 13 : Salah satuan mm atau inch dalam pemuatan

A 14 : Salah satuan

A 15 : Nilai H salah

A 17 : Salah sub program

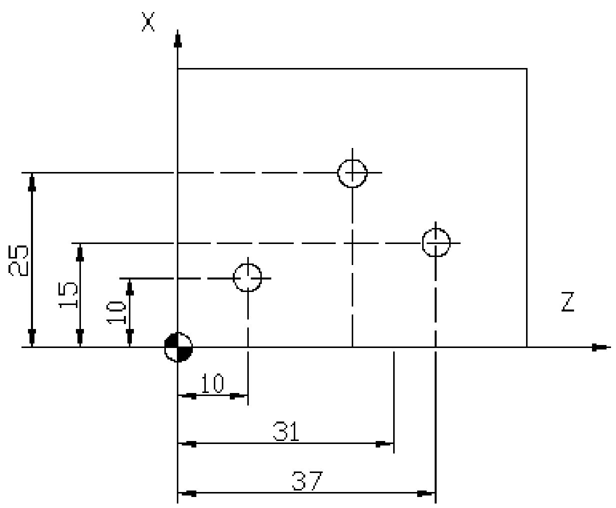
D. Dasar Dasar Pemrograman Cnc

Pemrograman adalah memberikan data kepada komputer yang dapat dipahami olehnya, dengan kata lain, kita harus menyuapi komputer, menyususn data dalam urutan teratur dan dalam bahasa yang dikenal dan dipahaminya sehingga dapat memproses informasinya

Dalam pemrograman mesin CNC, dikenal dengan dua jenis koordinat yaitu : koordinat mutlak *(absolut)* dan koordinat berantai *(inkremental)*

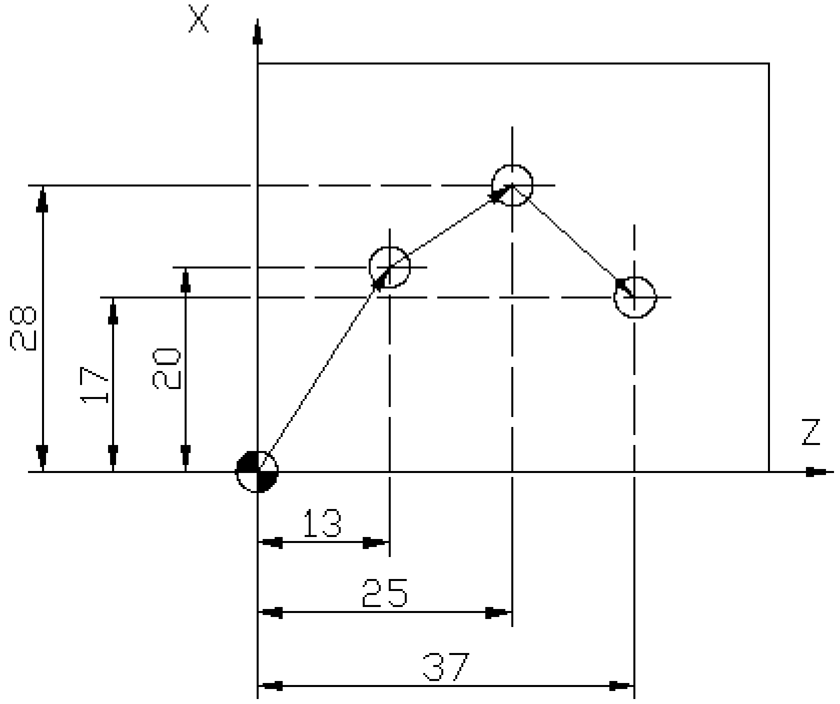
1. Koordinat Mutlak *(Absolut)* G90

Dalam sistim pengukuran ini, setiap titik diukur berdasarkan titik awal atau titik referensi



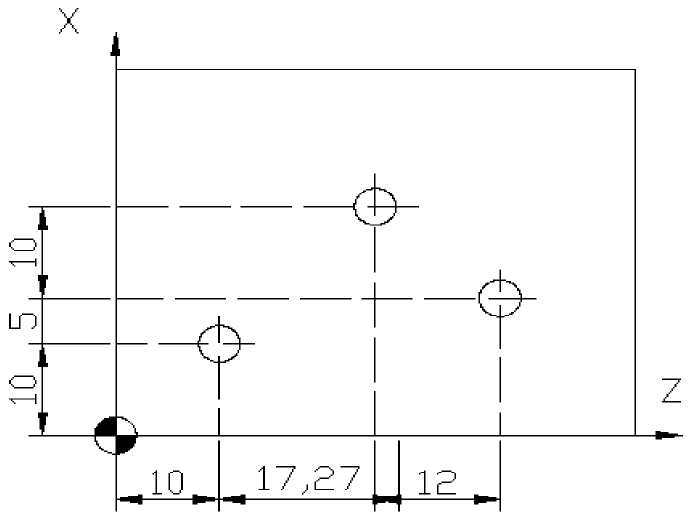
Gambar 3.20 Sistim pengukuran Koordinat mutlak

Contoh:

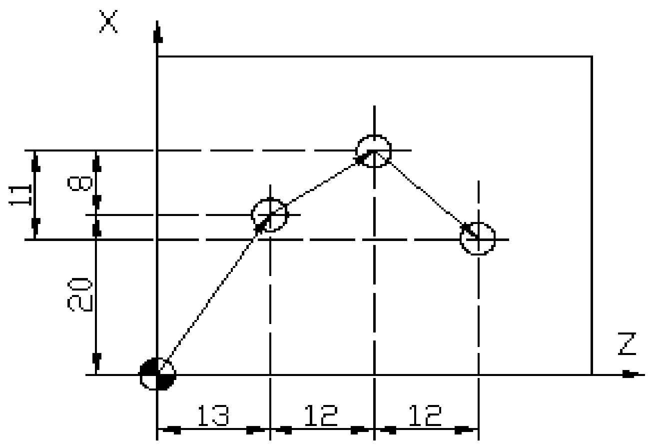


N	X	Z
10	*0*	*0*
20	*20*	*13*
30	*28*	*25*
40	*17*	*37*

titik sebelumnya

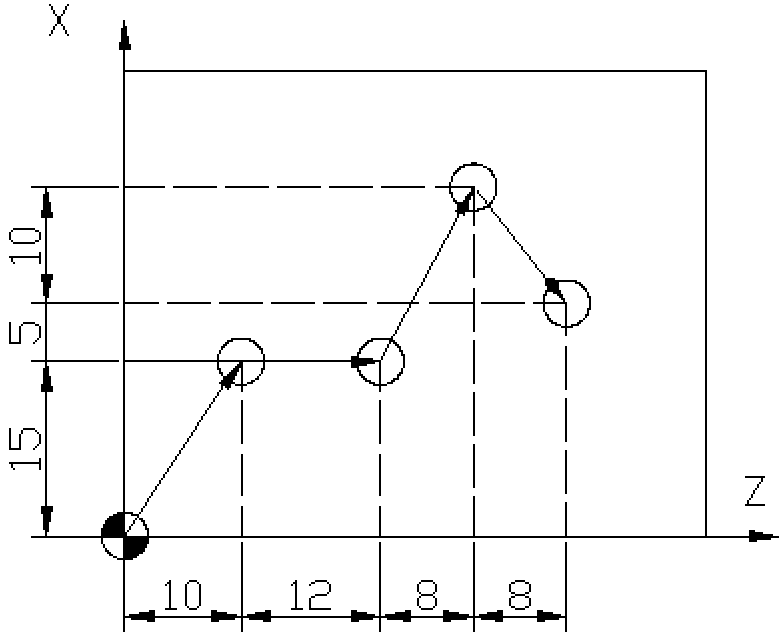


Contoh



N	X	Z
10	*0*	*0*
20	*20*	*13*
30	*8*	*12*
40	*-11*	*12*

Latiha 1 :



Buatlah urutan pemrograman seperti gambar diatas dengan menggunakan sistem absolut dan inkremental !

Sistem absolut

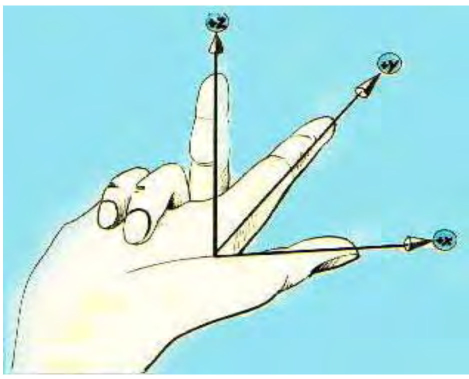
N	X	Z
...	...	...

Sistem inkremental

N	X	Z
...	...	...

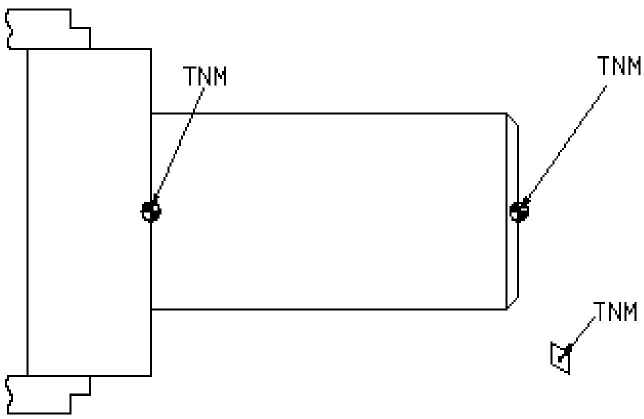
2. Gerakan Sumbu Utama Mesin CNC

Dalam pemogrammman mesin CNC perlu diperhatikan bahwa dalam setiap pemograman menganut, prinsip bahwa sumbu utama (tempat pahat/pisau frais) yang bergerak ke berbagai sumbu, sedangkan meja tempat dudukan benda diam meskipun pada kenyataanya meja mesin frais yang nergerak. Programer tetap menganggap bahwa alat potonglah yang bergerak. Sebagai contoh bila programer menghendaki pisau frais ke arah sumbu X positif, maka meja mesin frais akan bergerak ke sumbu X negatif, juga untuk gerakan alat pemotong lainnya.



Gambar 3.21 Gerakan sumbu utama mesin CNC

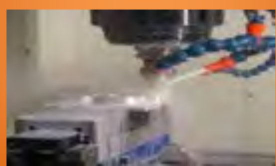
Selain menentukan sumbu simetri mesin, langkah berikutnya adalah memahami letak titik nol benda kerja (TNB), titik nol mesin (TNM), dan titik referens (TR). TNB merupakan titik nol di mana dari titik tersebut programmer mengacu untuk menentukan dimensi titik koordinatnya sendiri, baik secara absolute maupun inkremental. TNM merupakan titik nol mesin. Pada mesin CNC bubut TNM terletak di pangkal cekam tempat cekam benda kerja diletakkan. Pada mesin CNC frais TNM berada pada pangkal dimana alat potong/pisau frais diletakkan. Titik Referens (TR) adalah suatu titik yang menyebutkan letak alat potong mula-mula diparkir atau diletakan. Titik referens ditempatkan agak jauh dari benda kerja, agar pada saat pemasangan atau melepaskan benda kerja, tangan operator tidak mengenai alat potong yang dapat mengakibatkan kecelakaan kerja. Benda kerja aman untuk dipasang maupun dilepas dari ragum atau pencekam.



Gambar 3.22 Letak titik nol benda kerja (TNB), titik nol mesin (TNM), dan titik referens (TR).

3. Standarisasi Pemrograman Mesin CNC

a. Arti Kode M Pada Mesin CNC

M00	ARTI
M03	Program berhenti
M04	Sumbu utama *(spindel)* berputar searah jarum jam, pada mesin bubut CNC yang berputar cekam*(penjepit benda kerja)*, pada mesin frais CNC yang berputar arbor *(penjepit alat potong)* 
M05	Sumbu utama *(spindel)* berputar berlawanan arah jarum jam
M06	Sumbu utama (spindel) stop
M08	Penggantian alat potomg
	Cairan pendingin terbuka,ini dilakukan a agar benda kerja dan alat potong gar benda kerja dan alat potong tidak mengalami panas berlebihan yg bisa menyebabkan struktur alat potong berubah 

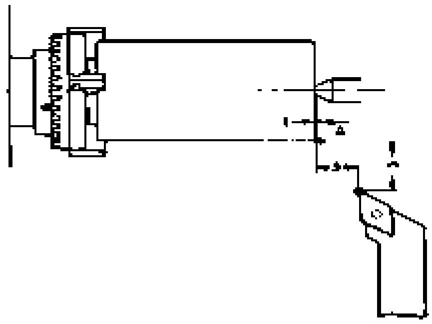
M09	Cairan pendingin tertutup
M17	Sub program *(unterprogram)* berakhir
M19	Sumbu utama posisi tepat
M30	Program berakhir
M38	Berhenti tepat aktif
M39	Berhenti tepat pasif
M90	Pembatalan fungsi pencerminan
M91	Pencerminan sumbu X
M92	Pencerminan sumbu Y
M93	Pencerminan sumbu X dan Y
M99	Penentuan parameter lingkaran I, J, K

b. Arti Kode G pada Mesin CNC

Intruksi pada mesin CNC menggunakan kode-kode pemrograman, misal kode G, kode M, kode P, dan sebagainya. Arti kode tiap mesin biasanya memiliki persamaan, namun arti kode pada merek yang berbeda dapat memiliki arti yang berbeda pula, sehingga programmer harus dapat menyesuaikan standarisasi kode yang digunakan pada mesin CNC yang akan digunakan.

1) Interpolasi Linier Tanpa Asutan (G00)

Eretan atau alat potong bergerak lurus dengan cepat tanpa di asut



Interpolasi linier tanpa asutan

G00 / X... / Z.... / Y...

N	G	X	Z	Y	F	H
....	00	...	...	...	...	...

Keterangan:

N : Nomor Blok

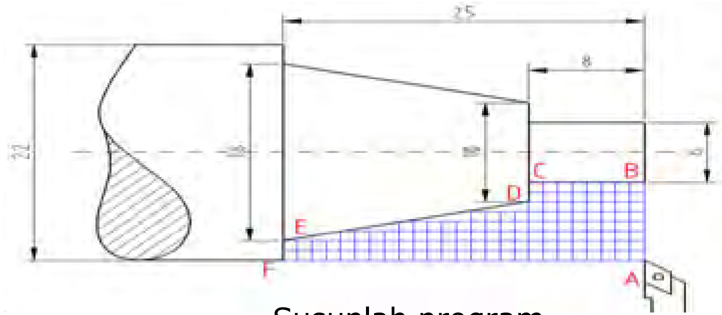
G : Kolom input fungsi atau perintah

X : Diameter yang dituju

Z : Gerak memanjang

F : Kecepatan langkah penyayatan

H : Kedalaman penyayatan



Susunlah program

Susunlah program mengikuti alur A – B – C – D – E – F – A dengan sistem absolut dan inkremental.

Sistem Absolut

N	G	X	Z	F	H
00	92	2200	0		
01	M03				
02	00	600	0		
03	00	600	-800		
04	00	1000	-800		
05	00	1800	-2500		
06	00	2200	-2500		
07	00	2200	0		
08	M30				

Keterangan dari Program diatas :

N00 : Informasi disampaikan pada mesin bahwa posisi pahat pada diameter 22 mm, dan tepat berada diujung benda kerja (G92, X2200, Z0)

N 01 : Mesin diperintahkan memutar spindle chuck searah jarum jam (M03)

N02 : Pahat diperintahkan maju lurus tanpa menyayat (G00, X600, Z0) dari A – B)

N03 : : Pahat diperintahkan maju lurus tanpa menyayat (G00, X600, Z-800) dari B – C)

N04 : Pahat diperintahkan maju lurus tanpa menyayat (G00, X1000, Z-800) dari C – D)

N05 : Pahat diperintahkan maju lurus tanpa menyayat (G00, X1800, Z-2500) dari D – E)

N06 : Pahat diperintahkan maju lurus tanpa menyayat (G00, X2200, Z-2500) dari E – F)

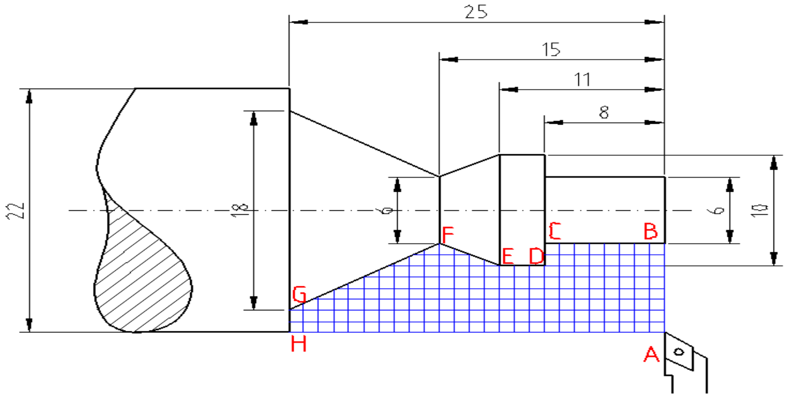
N06 : Pahat diperintahkan maju lurus tanpa menyayat (G00, X2200, Z-0) dari F – A)

N07 : Informasi disampaikan pada mesin bahwa, program

Istem Inkremental

N	G	X	Z	F	H
00	M03				
01	00	-600	0		
02	00	00	-800		
03	00	200	00		
04	00	400	-1700		
05	00	200	00		
06	00	00	-2500		
07	M30				

Latihan 1



Susunlah program mengikuti alur A-B-C-D-E-F-G-H-A dengan sistem absolut dan inkremental

Sistem Absolut

N	G	X	Z	F	H

Sistem Inkremental

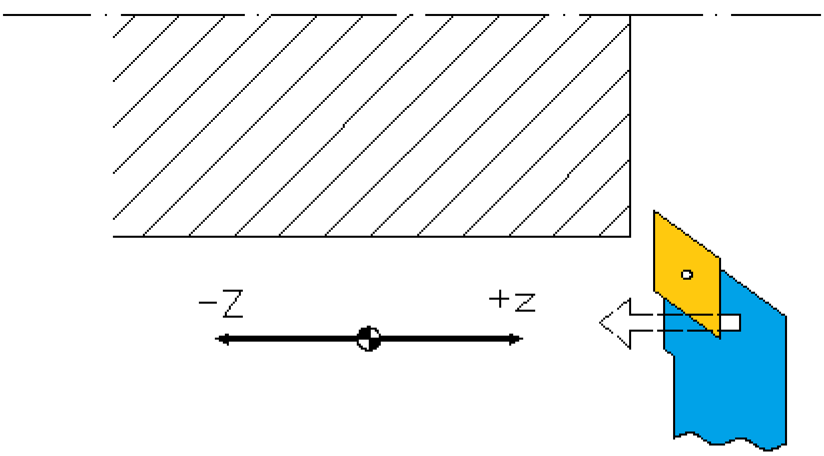
N	G	X	Z	F	H

2) Interpolasi Linier Dengan Asutan (G01)

Eretan atau alat potong bergerak lurus dengan kecepatan di asut

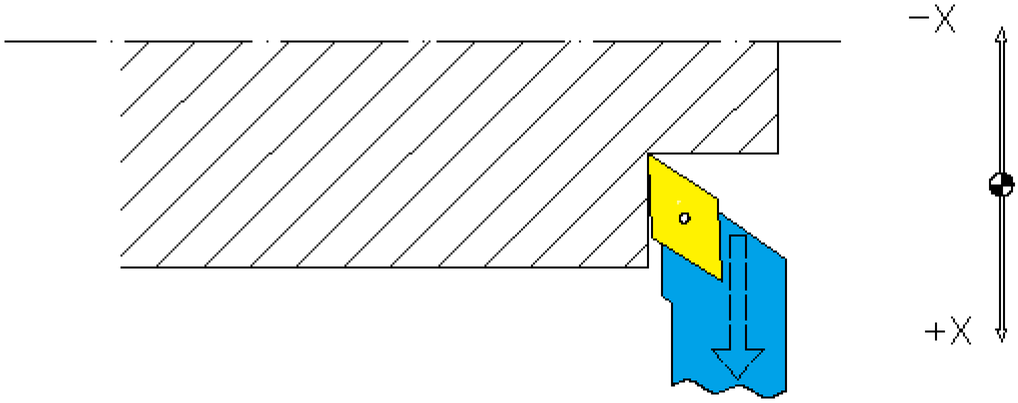
G00 / X... / Z.... / Y.../F...

a. Pembubutan dalam arah sumbu Z



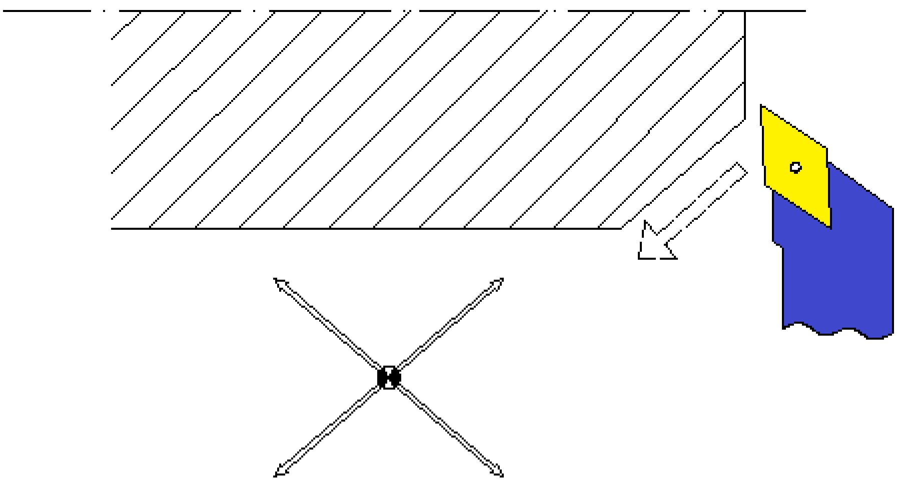
Gerakan terhadap sumbu X = 0

b. Pembubutan searah sumbu X

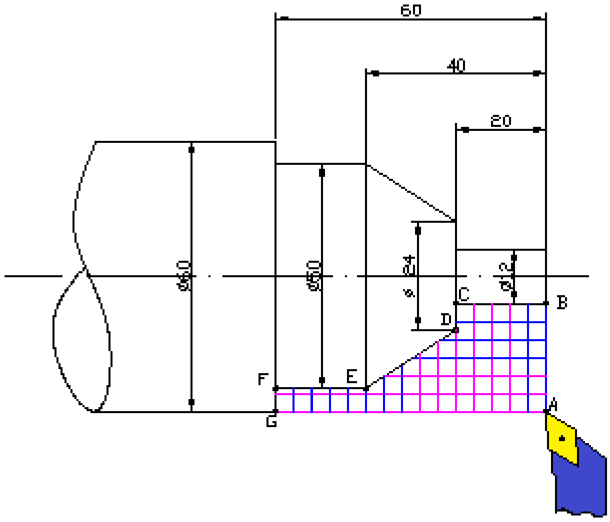


Gerakan terhadap sumbu Z = 0

c. Pembubutan tirus (searah sumbu X dan Z)



Alat potong bergerak terhadap sumbu X dan



Susunlah program mengikuti alur A-B-C-D-E-F-G-A dengan sistem absolut dan inkremental

N	G	X	Z	F	H
00	92	6000	0		
01	M3				
02	00	1200	0		
03	01	1200	-2000	35	
04	01	2400	-2000	35	
05	01	5000	-4000	35	
06	01	5000	-6000	35	
07	01	6000	-6000	35	
08	00	6000	0		
09	M05				
10	M30				

Keterangan dari Program diatas :

N00 : Informasi disampaikan pada mesin bahwa posisi pahat pada diameter 60 mm, dan tepat berada diujung benda kerja (G92, X6000, Z0)

N 01 : Mesin diperintahkan memutar spindle chuck searah jarum jam (M03)

N02 : Pahat diperintahkan maju lurus tanpa menyayat (G00, X1200, Z0) dari A – B)

N03 : : Pahat diperintahkan maju lurus melakukan penyayatan bubut rata dengan kecepatan 0.35 mm / put (G01, X1200, Z-2000,35) dari B – C)

N04 : Pahat diperintahkan maju lurus melakukan penyayatandengan kec. 0.35 mm/put (G01, X2400, Z-2000,35) dari C – D)

N05 : Pahat diperintahkan membubut tirus dengan kec. 0.35 mm/put (G01, X5000, Z-4000,35) dari D – E)

N06 : Pahat diperintahkan maju lurus melakukan penyayatan bubut rata dengan kec. 0.35 mm/put (G01, X5000, Z-6000,35) dari E – F)

N07 : Pahat diperintahkan maju lurus melakukan penyayatan dengan kec. 0.35 mm/put (G01, X6000, Z-6000,35) dari F – G)

N08 : Pahat diperintahkan maju lurus tanpa menyayat (G00, X6000, Z0) dari G – A)

3) Interpolasi Circular Clock Wise (G02)

Dalam membubut radius atau melengkung searah jarum jam (CW) menggunakan sandi G02, dalam menulis program atau bloknya sebagai berikut

G02 / X.... / Z .... / F.... / H....

M99/I..../K....

G02 : Radius searah jarum jam

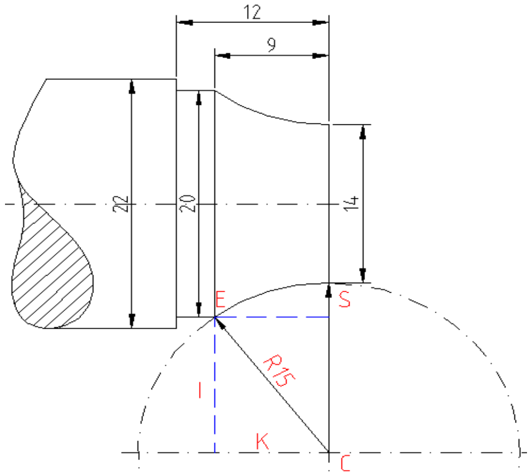
X.... Z... : Titik akhir radius

M99 : Penentuan parameter I dan K

I : adalah jarak titik *start* melengkung sampai ke titik pusat lengkungan, tegak lurus searah sumbu X

K : adalah jarak titik *start* melengkung sampai ke titik pusat lengkungan, tegal lurus searah sumbu Z

Contoh 1 :



Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa *I = SC = R = 15*

K = 0

Maka Program dari titik S – E sebagai berikut

Metode absolut

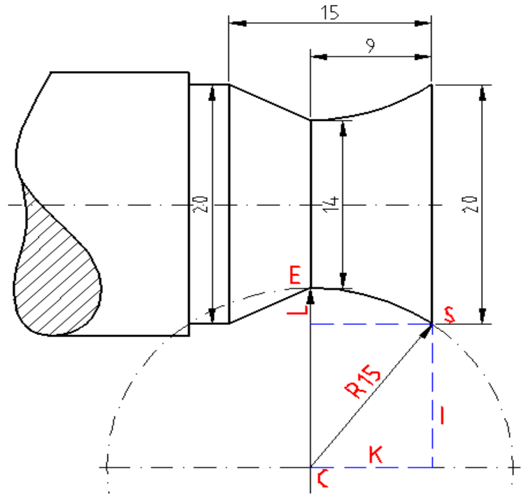
N	G	X	Z	F	H
....	....	....	....	....	
....	00	1400	0		
....	02	2000	-900	35	
....	M99	I:1500	K:0		
....	....	....	....	....	

Metode inkremental

N	G	X	Z	F	H
....	....	....	....	....	

….	02	300	-900	35	
….	M99	I:1500	K:0		
….	….	….	….	….	

Contoh 2 :



Dari gambar di atas dapat diketahui :
SC = EC = R = 15
EL = (20 -14):2 = 3
I = LC = EC – EL = 15 – 3 = 12
K = SL = 9

Maka program gerakan melengkung dari S ke E sebagai berikut :

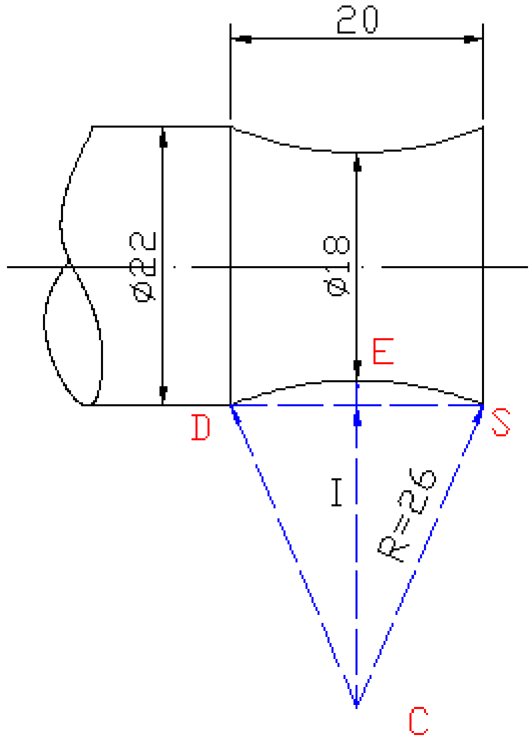
Metode absolut

N	G	X	Z	F	H
….	….	….	….	….	
….	00	2000	0		
….	02	1400	-900	35	
….	M99	I:1200	K:900		
….	….	….	….	….	

Metode inkremental

N	G	X	Z	F	H
....	....	....	....	....	
....	02	-300	-900	35	
....	M99	I:1200	K:900		
....	....	....	....	....	

Contoh 3 :



Dari gambar di atas dapat diketahui : R= 26, K= 20:2=10

sehingga bisa kita hitung nilai I dengan rumus pitagoras.

$$I = \sqrt{R^2 - K^2}$$

$$I = \sqrt{26^2 - 10^2}$$

$$I = \sqrt{675 - 100}$$

$$I = \sqrt{576}$$

$$I = 24$$

Maka program gerakan melengkung dari S ke D sebagai berikut :

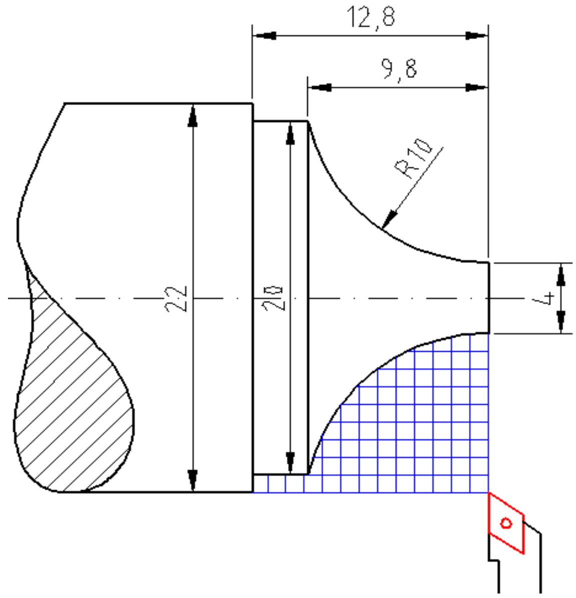
Metode absolut

N	G	X	Z	F	H
....	01	2200	00	35	
....	02	1800	-1000	35	
....	M99	I:2400	K:1000		
....	02	2200	-2000	35	
....	M99	I:2400	0		

Metode inkremental

N	G	X	Z	F	H
....	02	-200	-1000	35	
....	M99	I:2400	K: 1000		
....	02	200	-1000	35	
....	M99	I:2400	0		

Latihan 2



Buat susunan program G02 dengan metode absolut dan incremental dari gambar di atas

4) Interpolasi Circular Counter Clock Wise (G03)

Dalam membubut radius atau melengkung berlawanan arah jarum jam (CCW) menggunakan sandi G03, dalam menulis program atau bloknya sebagai berikut

G03 / X.... / Z .... / F.... / H....

M99/I..../K....

G03 : Radius berlawanan arah jarum jam

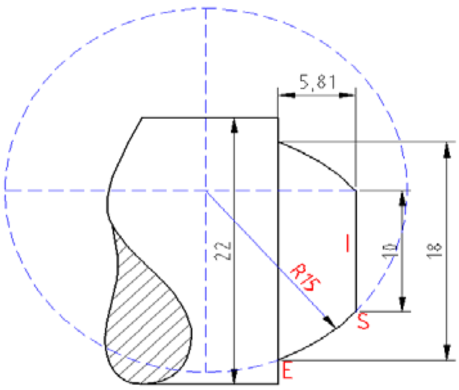
X.... Z... : Titik akhir radius

M99 : Penentuan parameter I dan K

I : adalah jarak titik *start* melengkung sampai ke titik pusat lengkungan, tegak lurus searah sumbu X

K : adalah jarak titik *start* melengkung sampai ke titik pusat lengkungan, tegal lurus searah sumbu Z

Contoh 1:



Dari gambar di atas dapat diketahui : R= 15, I= 10

sehingga bisa kita hitung nilai I dengan rumus pitagora

$$I = \sqrt{R^2} - I^2$$

$$I = \sqrt{15^2} - 10^2$$
$$I = \sqrt{225} - 100$$
$$I = \sqrt{125}$$
$$I = 11.18$$

Maka program gerakan melengkung dari S ke E sebagai berikut :

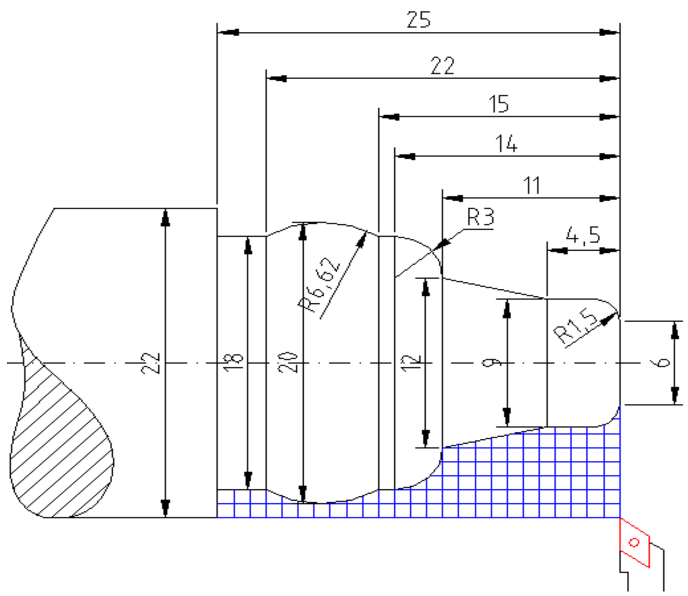
Metode absolut

N	G	X	Z	F	H
....	....	....	....	....	
....	01	1000	0	35	
....	03	1800	-581		
....	M99	I:1000	K:1118	35	
....	....	....	....	....	

Metode inkremental

N	G	X	Z	F	H
....	03	400	-581	35	
....	M99	I:1000	K:1118		
....	....	....	....	....	

Latihan 3



Buatlah susunan program absolut dan incremental dari gambar kerja di atas.

E. Siklus Pemrograman

1. Siklus pembubutan memanjang (G84)

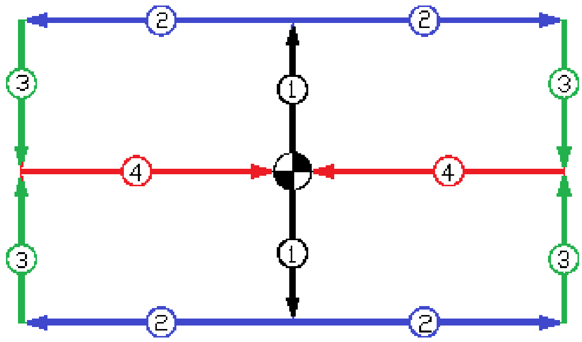
Dalam pelaksanaan bubut rata atau disebut juga dengan bubut memanjang, menggunakan siklus G4. Dalam siklus ini gerakkannya meliputi:

gerakan 1: pahat persiapan penyayatan

gerakan 2: penyayatan memanjang

gerakan 3: penyayatan tepi

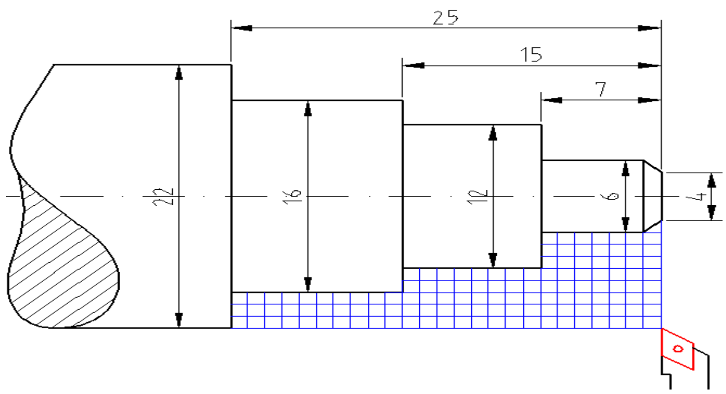
gerakan 4: kembali ke titik awal dimulai gerakan



Format perintahnya :

G84 / X.... / Z .... / F.... / H....

Contoh :



Blok pemrogramannya :

Sistem absolut

N	G	X	Z	F	H
00	92	2200	00		
01	M 03				
02	84	1600	-2500	35	100
03	00	1600	00		
04	84	1200	-1500	35	100
05	00	1200	00		
06	84	600	-700	35	100

07	00	600	100		
08	00	400	100		
09	01	600	-100	35	
10	01	600	-700	35	
11	01	1200	-700	35	
12	01	1200	-1500	35	
13	01	1600	-1500	35	
14	01	1600	-2500	35	
15	01	2200	-2500	35	
16	00	2200	00	16	
17	M 05			17	
18	M 30			18	

Keterangan dari Program diatas :

N00 : Informasi disampaikan pada mesin bahwa posisi pahat pada diameter 22 mm, dan tepat berada diujung benda kerja (G92, X2200, Z0)

N 01 : Mesin diperintahkan memutar spindle chuck searah jarum jam (M03)

N02 : Pahat diperintahkan diperintahkan melakukan bubut melintang sampai ∅ 16 panjang 25 dg kec. Penyayatan 3.5mm/putaran (G84,X1600,z-2500,F35)

N03 : : Pahat diperintahkan maju lurus sampai ∅16 tepat di ujung benda kerja (G00,X1600, Z0)

N04 : Pahat diperintahkan diperintahkan melakukan bubut melintang sampai ∅ 12 panjang 15 dg kec. Penyayatan 3.5mm/putaran (G84,X1200,z-1500,F35)

N05: Pahat diperintahkan maju lurus sampai ∅12 tepat di ujung benda kerja (G00,X1200, Z0)

N06 : Pahat diperintahkan diperintahkan melakukan bubut melintang sampai ∅ 6 panjang 7 dg kec. Penyayatan 3.5mm/putaran (G84,X600,z-700,F35)

N07 : Pahat diperintahkan maju lurus sampai ∅6 tepat di ujung benda kerja (G00,X1200, Z0)

N08 : Pahat diperintahkan maju lurus sampai ∅4 tepat di ujung benda kerja (G00,X1200, Z0)

dst

2. Siklus Pembubutan Melintang (G88)

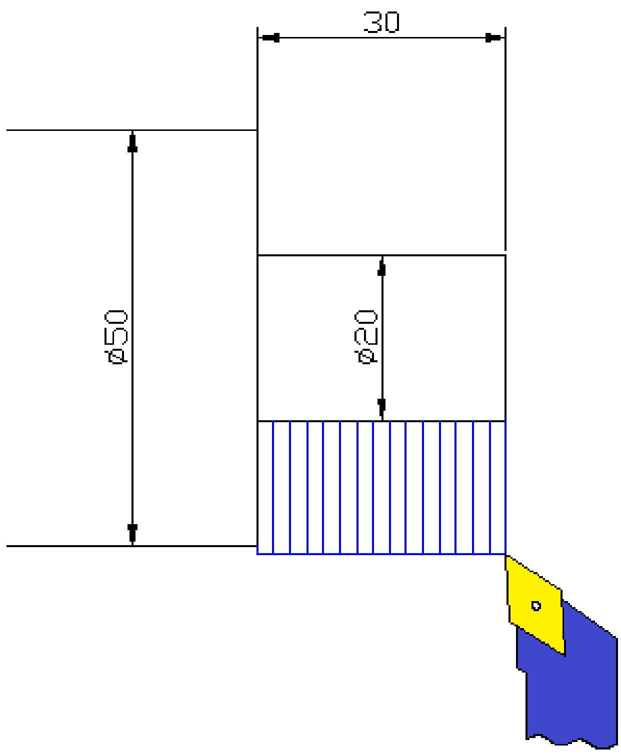
Dalam pembubutan melintang sering juga disebut dengan istilah bubut muka atau *facing.* Penulisan blok programnya sebagai berikut

G88/X.../Z.../F.../H...

Dimana :

G88	:	kode siklus
X	:	Koordinat X
Z	:	koordinat Z
F	:	kecepatan sayat (mm/put)
H	:	Dalam pemakanan

Contoh :



Blok Programnya adalah :

Metode absolut

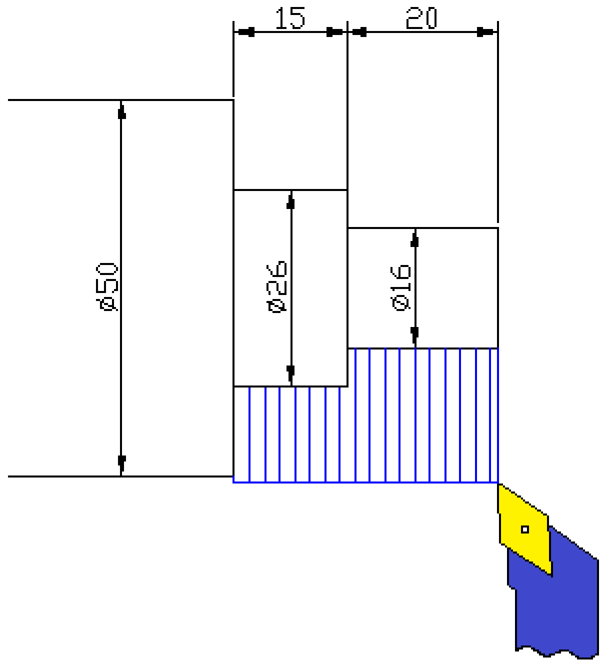
N	G	X	Z	F	H
00	92	2200	100		
01	M03				
02	88	1000	-1000	25	100
03	M05				
04	M30				

Metode inkremental

N	G	X	Z	F	H
01	M03				
02	88	-600	-1000	25	100
03	M05				
04	M30				

Latihan 4

Buatlah blok proram sistem absolut dan inkremental seperti gambar di bawah :



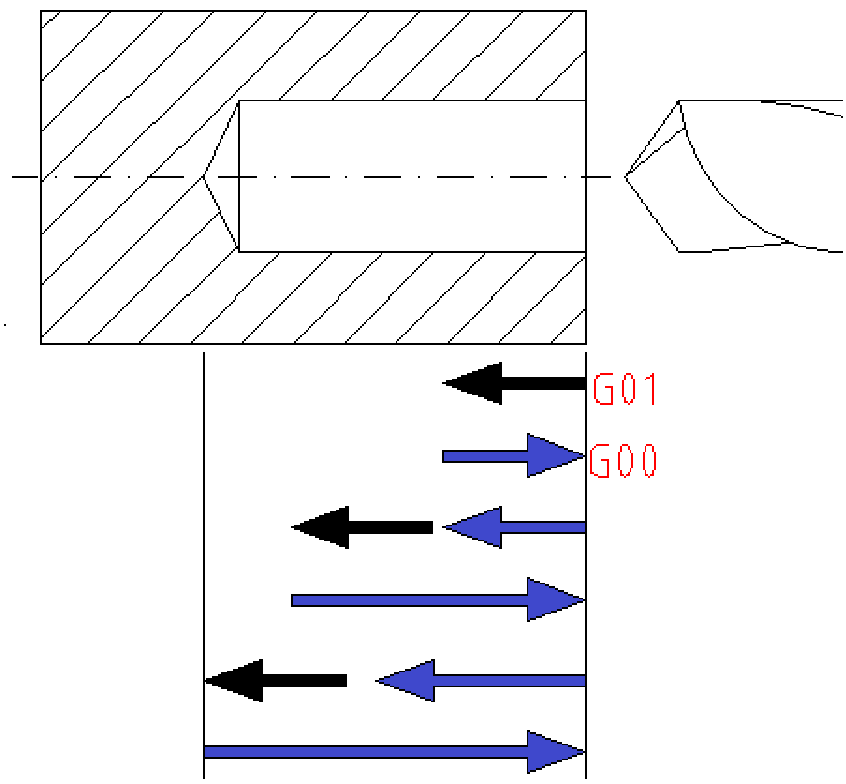
3. Siklus pengeboran

Dalam proses pengeboran, program CNC menggunakan duajenis pemmrogran, yatiu pengeboran dengan penarikan tatal keluar dan pengeboran langsung

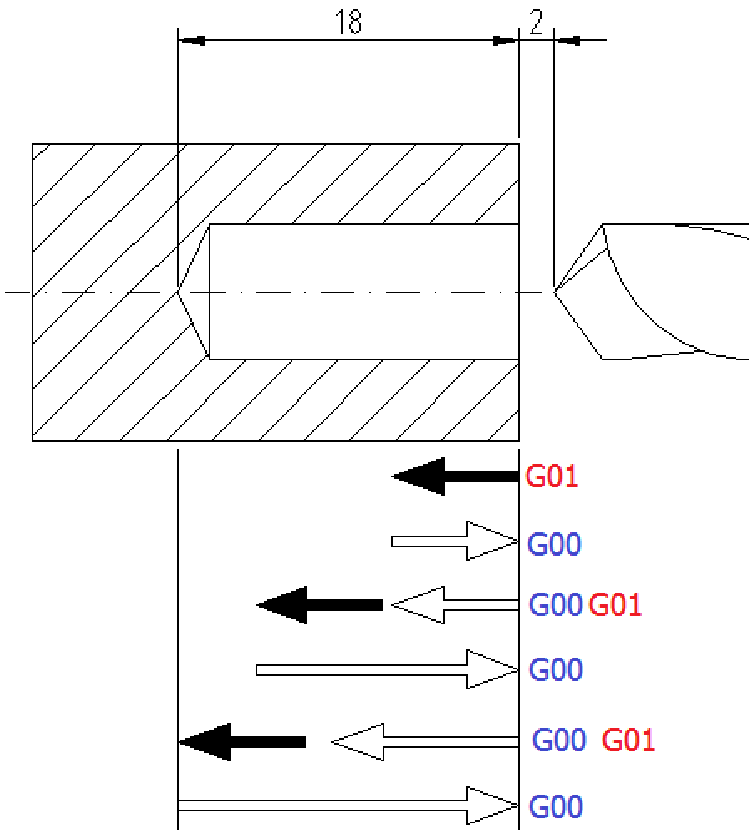
a. Siklus pengeboran dengan penarikan tatal keluar (G83)

Fungsi G83 adalah aplikasi pemrograman pengeboran dengan penarikan tatal keluar. Pada kolom Z, diisi dengan nilai dalamnya pengeboran. Penulisan blok programnya sebagai berikut :

G83/X..../Z..../F..../H....



Contoh



Blok programnya adalah

Sistem absolut

N	G	X	Z	F	H
00	92	0	200		
01	M 03				
02	88	0	1800	35	
03	M05				
04	M30				

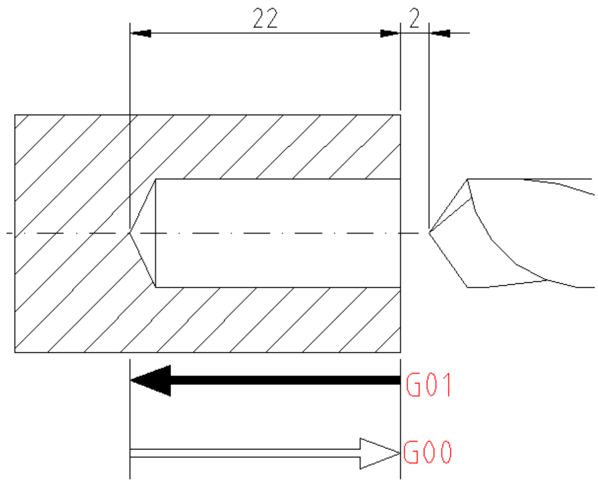
Sistem inkremental

N	G	X	Z	F	H
00	M 03				
01	88	0	1800	35	
02	M05				
03	M30				

b. Siklus pengeboran langsung (G81)

Fungsi G81 adalah aplikasi pemrograman pengeboran langsung. Pada kolom Z, diisi dengan nilai dalamnya pengeboran. Penulisan blok programnya sebagai berikut :

G81/X..../Z..../F..../H....



Blok programnya adalah

Sistem absolut

N	G	X	Z	F	H
….	….	….	….	….	….
….	81	0	-2200	35	
….	M05				
….	M30				

Sistem inkremental

N	G	X	Z	F	H
….	….	….	….	….	
….	81	0	-2400	35	
…	….	….	….	….	

4. Siklus Reamer

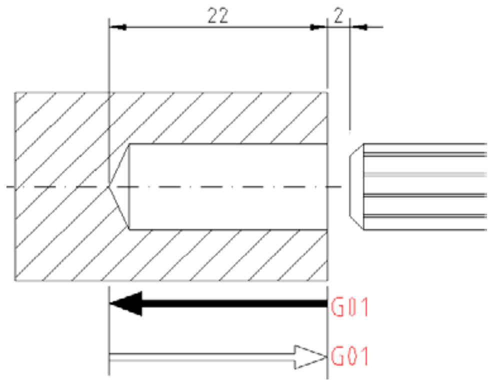
Reamer bisa diartikan sebagai peluasan, yaitu peluasan lubang hasil pengeboran. *Pereameran* dilakukan karena pada saat pembuatan lubang, tidak ada ukuran mata bor yang cocok dengan diameter lubang yang akan dibuat. Pereameran juga berfungsi sebagai penghalus lubang

yang sudah dibuat. Pada aplikasi ini kolom Z diisi dengan nilai kedalaman pereameran.

a. Siklus Reamer (G85)

Fungsi G85 adalah aplikasi pemrograman reamer. Pada kolom Z, diisi dengan nilai dalamnya pengeboran. Penulisan blok programnya sebagai berikut :

G85/X..../Z..../F..../H....



Blok programnya adalah

Sistem absolut

N	G	X	Z	F	H
....	....	....	....	....	....
....	85	0	-2200	35	
....	M05				
....	M30				

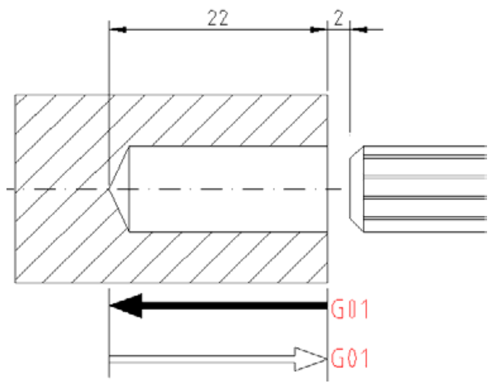
Sistem inkremental

N	G	X	Z	F	H
....	....	....	....	....	
....	85	0	-2400	35	
...	....	....	....	....	

b. Siklus Penghalusan Lobang (G89)

Fungsi G85 adalah aplikasi pemrograman penghalisan lobang. Pada kolom Z, diisi dengan nilai dalamnya pengeboran. Penulisan blok programnya sebagai berikut :

_G89/X..../Z..../F..../H...._



Blok programnya adalah

Sistem absolut

N	G	X	Z	F	H
....	....	....	....	....	....
....	89	0	-2200	35	
....	M05				
....	M30				

Sistem inkremental

N	G	X	Z	F	H
....	....	....	....	....	
....	89	0	-2400	35	
...	....	....	....	....	

d. Siklus Pembuatan Ulir (G78)

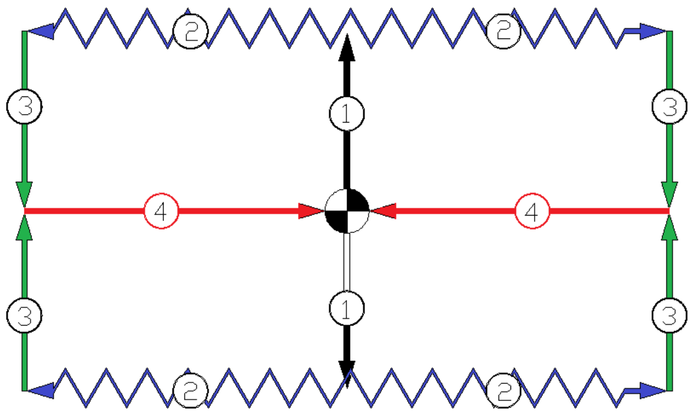
Dalam pelaksanaan bubut bubut ulir, menggunakan siklus G78. Dalam siklus ini gerakkannya meliputi :

gerakan 1: pahat persiapan penyayatan

gerakan 2: penyayatan memanjang

gerakan 3: pahat mundur

gerakan 4: kembali ke titik awal dimulai gerakan



Format perintahnya :

G89/X..../Z..../K..../H....

Pada aplikasi G78 pada kolom K merupakan kolom nilai kisar ulir yang akan dibuat. Sebelum kita mempelajari lebih jauh tentang siklus penguliran

dengan mengunakan aplikasi G78, kita pelajari lagi tentang dasar-dasar perhitungan penguliran.

Hubungan kisar ulir dengan putaran mesin

Kisar Ulir (mm)	Putaran (Rpm)
0.02 – 0.5	*950*
0.5 – 1	*500*
1 – 1.5	*320*
1.5 – 2	*250*
2 – 3	*170*
3 – 4	*120*
4 – 4.99	100

Berdasarkan standar ISO ketentuan ulir yang benar sebagai berikut :

1) Tinggi ulir luar (h): **0,6134.P**
2) Tinggi ulir dalam (h) : **0,5413.P**

Tabel 3.1
Hubungan kisar ulir dengan Tinggi Ulir.

Kisar Ulir (mm)	Tinggi Ulir (mm)
0.5	0.307
0.6	0.368
0.7	0.429
0.75	0.460
0.8	0.491
1	0.613
1.25	0.767
1.5	1.074
1.75	1.227
2	1.380
2.25	1.534
2.5	1.687
2.75	1.840

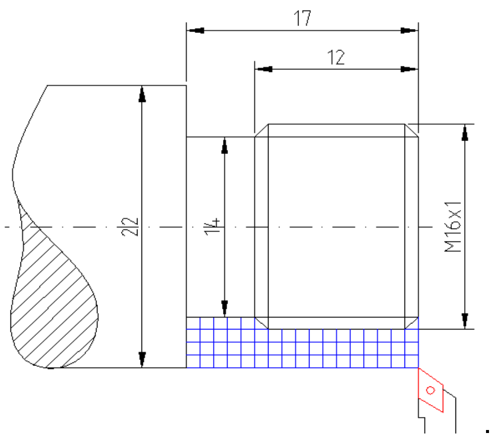
Tabel 3.2

Hubungan kisar ulir dengan Tinggi Ulir

Kisar Ulir (mm)	Tinggi Ulir (mm)
3	0.5
4	0.7
5	0.8
6	1
8	1.25
10	1.5
12	1.75
16	2
20	2.5

Contoh:

Berikut adalah contoh penyusunan program G78



Blok programnya adalah

Sistem absolut

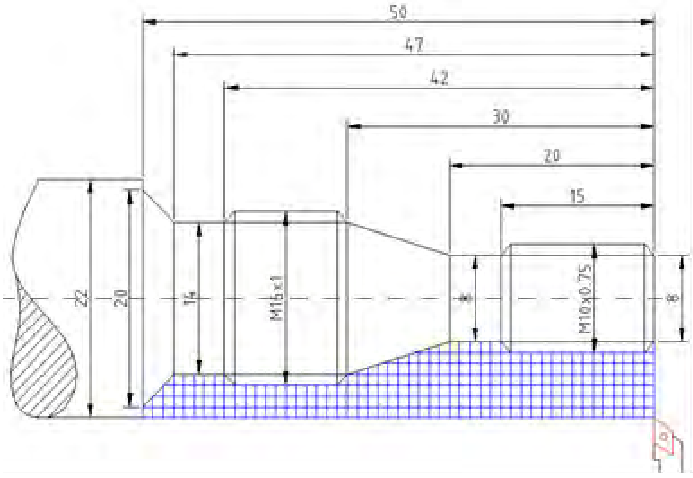
N	G	X	Z	F	H
00	92	2200	100		
01	M06	00	00	T00	
02	M03				
03	84	1600	-1700	35	100
04	00	1400	100		
05	01	1400	0	35	
06	01	1600	-100	35	
07	01	1600	-1100	35	
08	01	1400	-1200	35	
09	01	1400	-1700	35	
10	01	2200	-1700	35	
11	00	3000	5000		
12	M05				
13	M06	172	-84	T02	
11	00	3000	5000		
12	M05				
13	M06	172	-84	T02	
11	00	3000	5000		
12	M05				
13	M06	172	-84	T02	
11	00	3000	5000		
12	M05				

Sistem inkremental

N	G	X	Z	F	H
00	M06	0	0	T00	
01	M03				
02	84	-300	-1800	35	
03	00	-400	0		
04	01	0	-100	35	
05	01	100	-100	35	
06	01	0	-1000		
07	01	-100	-100		
08	01	0	-500		
09	01	400	0		
10	00	400	6800		
11	M05				
12	M06	-172	-84	T02	
13	M03				
14	00	-650	-5000		
15	78	-112	-1400	K100	
16	00	650	5000		
17	M05				
18	M06	0	0	T04	
19	00	-400	-5000		
20	M30				

Latihan 5

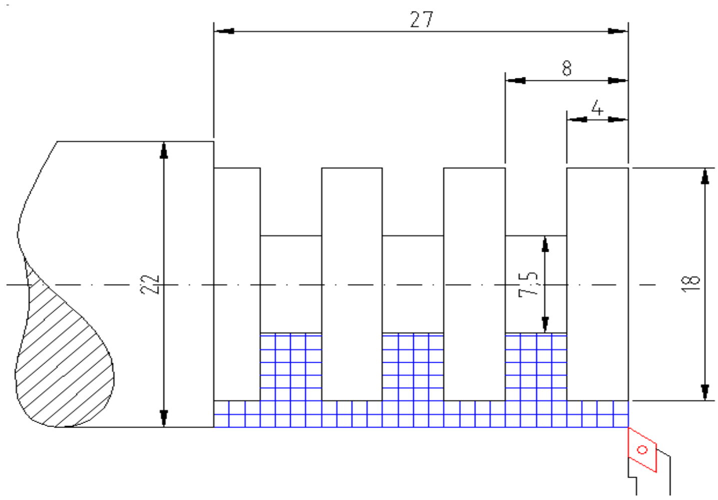
Susunlah simulasi program G78 dari Gambar di bawah ini dengan metode absolut dan incremental.



e. Siklus pembuatan alur (G86)

Fungsi G86 adalah aplikasi pemrograman siklus pembubutan alur. Berikut adalah ilustrasi blok pemrograman siklus pengaluran

G86/X..../Z..../K..../H....



Contoh :

N	G	X	Z	F	H
00	92	2200	100		
01	M06	00	00	T00	
02	M03				
03	84	1800	-2700	35	
04	00	3000	5000		
05	M05				
06	M06	-207	-388		
07	M03				
08	00	2200	-400		
09	25				
11	25				
12	00	2200	-2000	12	
13	25			13	
14	00	3000	5000	14	
15	M05			15	
16	M06	0	0	T04	
17	00	2200	100		
18	M30				
19	91				

Blok

20	86	-725	-400	35	
21	90				
22	M17				

programnya adalah

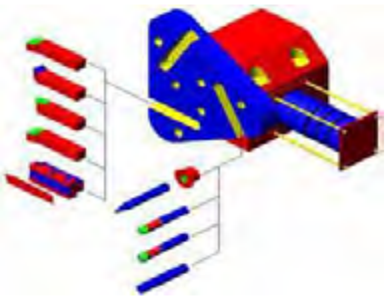
Sistem absolut

f. Mengganti Alat Potong / Tool (M06) (M06)

M06 adalah fungsi penggantian alat pada Mesin Bubut CNC- TU2A. Penggantian *tool* ini dilakukan pada saat kita melakukan pembubutan komplek. Pada mesin CNC-TU2A hal ini bisa dilakukan langsung tanpa melepas pahat dan mengantinya satu demi satu karena mesin ini dilengkapi dengan *revolver*.

Berikut adalah ilustrasi blok pemrograman siklus penggantian alat potong / tool.

M06/X..../Z..../K..../H....

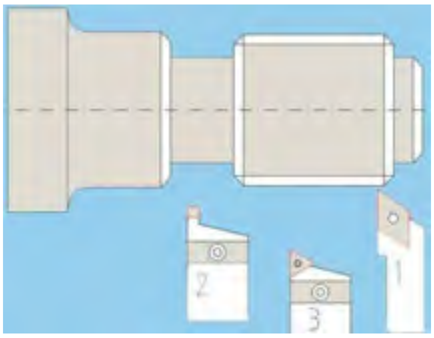


Gambar 3.23 Mengganti alat potong

Pada aplikasi M06 ini kolom F diisi dengan sandi T, yaitu sandi perputaran *revolver* terhadap pisau aktif untuk menentukan jenis pisau baru. Karena bentuk *tool* yang berbeda, setiap *tool* memiliki selisih jarak (jarak *setting*) terhadap benda kerja yang berbeda pula.

Karena itu sebelum kita melakukan penggantian alat pada pembubutan komplek, perlu dilakukan *setting* tiap *tool* terhadap benda kerja. Adapun langkah-langkahnya sebagai berikut :

1) Menentukan Urutan Kerja Alat Potong



Gambar 3.23 Menentukan urutan kerja alat potong

Untuk pengerjaan bubut komplek seperti pada benda kerja di samping urutan *tool*/pisau yang dipergunakan adalah :

a) Pahat kanan luar
b) Pahat potong
c) Pahat ulir luar

2) Menentukan Data Alat Potong

Penentuan data alat potong sangat penting karena dengan penentuan ini akan mempermudah pemrograman. Pada lembar data alat potong. Nantinya akan diisi dengan harga selisih terhadap sumbu Z referensi.

3) Mencari Selisih Panjang Tiap-Tiap Alat Potong

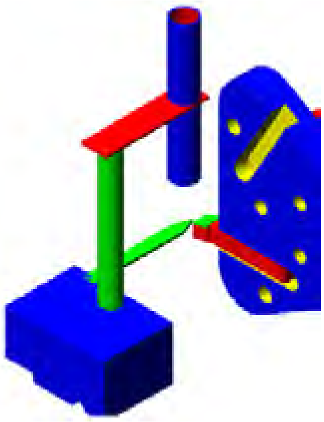
Untuk menentukan selisih panjang tiap *tool* diperlukan alat bantu optik. Alat bantu ini semacam lup tapi tidak dilengkapi dengan lensa pembalik sehingga bayangan yang dihasilkan berlawanan dengan kenyataannya. Adapun langkah *setting* masing-masing *tool* sebagai berikut :

a) Pasang senter tetap pada cekam.
b) Pasang senter tetap kecil pada *revolver.*
c) Dekatkan kedua ujung senter dan samakan ketinggiannya.

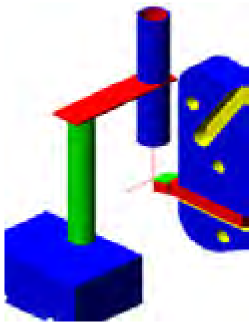
d) Mundurkan *revolver* pasang alat optik pada meja mesin.

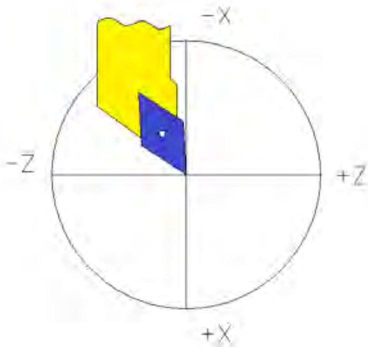
e) Setel ketinggian plat ukur yang ada apada alat optik dengan ketinggian senter yang terpasang pada cekam.

f) Periksa dan *setting* ketinggian semua *tool* yang telah dipasang pada alat potong terhadap plat ukur yang terpasang alat optik

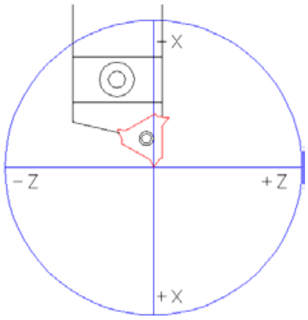


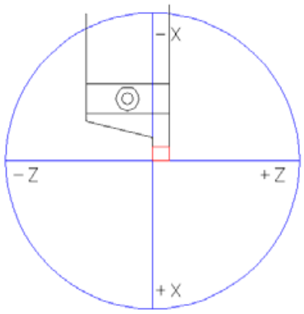
g) Gerakkan pahat kanan luar sebagai pahat referensi, ke bawah alat optik sehingga ujung pahat kanan berada pada kwadran II, dan menempel pada persilangan garis silang X dan Z.





h) Tekan tombol DEL untuk menghapus nilai X dan Z, sehingga nilai X= 0 dan Z =0.

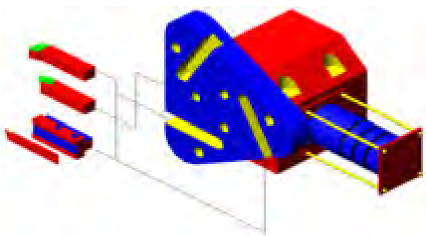




i) Mundurkan posisi revolver dan putarlah revolver untuk setting pisau yang kedua, posisikan tool tersebut pada persilangan sumbu X dan Z, setiap pensettingan catat selisih nilai sumbu X dan sumbu Z.

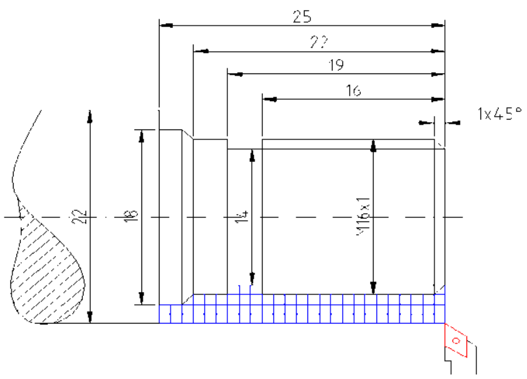
j) Nilai selisih X dan Z, nantinya diisikan pada kolom X dan Z setiap penggantian tool.

k) Jika posisi pahat kanan luar terletak pada kwadran II alat optik, pahat alur dan pahat ulir terletak pada kwadran yang berbeda. Berikut gambar cerminan posisi pensettingan beberapa pahat.



l) Pasang ketiga tool pada revolver sesuai urutan penggu- naan masing-masing tool

Contoh :



F. Cara Melakukan Setting Benda Kerja

Sebelum melaksanakan eksekusi program-program CNC dengan penyayatan benda terlebih dahulu dilakukan setting pisau terhadap benda kerja. Setting dapat dilakukan dengan dua cara yaitu :

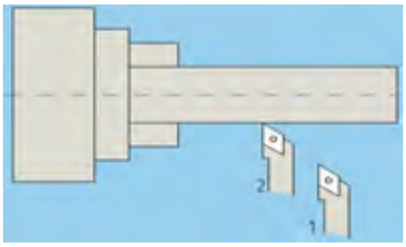
1. Setting Benda Kerja Dengan Metode Incremental

a. Pasang benda kerja pada cekam, kunci dengan kuat.

b. Putar cekam dengan kecepatan yang sesuai dan yakinkan putaran sudah senter.

c. *Setting* terhadap sumbu X :

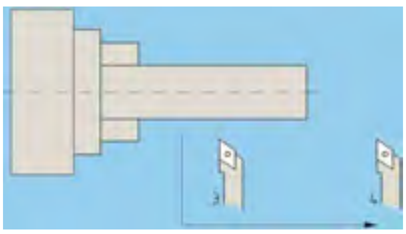
- Gerakkan pahat mendekati permukaan benda kerja, dan atur kecepatan penyayatan pelan-pelan.
- Sentuhkan ujung pahat pada permukaan benda kerja dan yakinkan ujung pahat sudah menyentuh permukaan benda kerja, (lihat gambar). Lihat harga X pada monitor, misal X= 520, hapus harga X dengan tombol DEL, sehingga harga X menjadi nol (00).



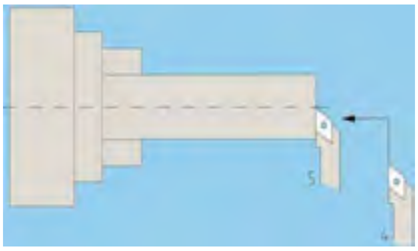
- *Setting* kedudukan pahat/*tool* terhadap sumbu X sudah selesai

d. *Setting* terhadap sumbu Z :

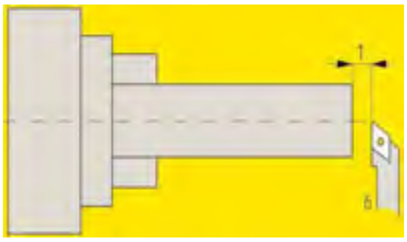
- Bebaskan ujung pahat dari permukaan benda kerja, dan gerakkan bebas pahat ke kanan mendekati permukaan samping kanan benda kerja



- Gerakkan ujung pahat mendekati permukaan sisi samping kanan benda kerja dengan kecepatan sayat pelan pelan.
- Sentuhkan pahat pada permukaan benda kerja dan yakinkan pahat sudah menyentuh permukaan benda kerja (lihat Gambar 12.32.). Lihat harga Z pada monitor, misal harga Z=250, hapus harga Z dengan tombol DEL, sehingga harga Z= 00.



- Gerakkan pahat ke kanan sesuai titik awal penyayatan yang dikehendaki, misal harga Z=100 (1mm), maka pahat digerakkan 1 mm, ke sebelah kanan titik referensi benda kerja.
-

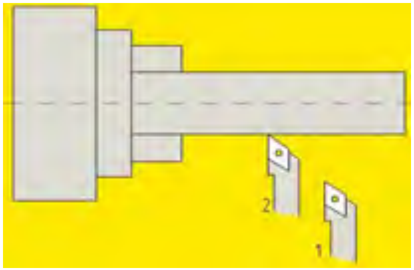


- *Setting* kedudukan pahat/*toolI* terhadap sumbu Z sudah selesai

2. Setting Benda Kerja Dengan Metode Absolut

a. Ukurlah diameter benda kerja dan catat harga diameter, missal : 22 mm.
b. Pasang benda kerja pada cekam, kunci dengan kuat
c. Putar cekam dengan kecepatan yang sesuai dan yakinkan putaran sudah senter.
d. *Setting* terhadap sumbu X :
   - Gerakkan pahat mendekati permukaan benda kerja, dan atur kecepatan penyayatan pelan-pelan

- Sentuhkan ujung pahat pada permukaan benda kerja dan yakinkan pahat sudah menyentuh permukaan benda kerja, Lihat harga X pada monitor, misal X=-720, hapus harga X dengan tombol DEL , sehingga harga X menjadi nol (00).



- Tekan tombol INP dan tulis harga diameter benda kerja X= 2200 kemudian tekan INP
- *Setting* kedudukan pahat/*tool* terhadap sumbu X sudah selesai

e. *Setting* terhadap **sumbu Z** :

Untuk *setting* kedudukan *tool* terhadap sumbu Z, metode absolut caranya sama seperti *setting* kedudukan *tool* terhadap sumbu Z pada metode incremental.

G. Kecepatan Potong Dan Asutan

1. Kecapatan Potong atau Cuting Speed (Vs)

Kecepatan potong biasanya dinyatakan dalam isitilah m/menit, yaitu kecepatan dimana pahat melintasi benda kerja untuk mendapatkan hasil yang paling baik pada kecepatan yang sesuai. Kecepatan potong ini dipengaruhi oleh dua faktor, yaitu:

a. kekerasan dari logam yang akan dipotong
b. tipe alat potong yang digunakan.

Biasanya kecepatan potong ini harus disesuaikan dengan kecepatan putaran spindel mesin bubut. Untuk keperluan ini digunakan persamaan sebagaiberikut:

$$n = \frac{1000 \; . Vc}{\pi \; . \phi}$$

Dimana : n = putaran mesin (rpm)

Vc = kecepatan potong (m/menit)

∅ = diameter benda kerja

Berikut ini adalah tabel tentang kecepatan beberapa bahan logam.

No.	Nama Bahan	Kecepatan Potong (m/menit)
1.	Baja lunak	24-30
2.	Baja perkakas	12-18
3.	Besi tuang abu-abu	18-24
4.	Kuningan keras	45
5.	Kuningan lunak	60
6.	Tembaga	60
7.	Alumunium	300

Untuk menhitung besar nilai asutan dapat digunakan rumus:

$$F = s \, . f$$

Dimana : F = asutan dalam (mm/menit)

S = kecepatan spindle mesin (put/menit)

F = kecepatan pemotongan (mm/put)

Kecepatan pemotongan (f) untuk pekerjaan pembubutan untuk bahan allumunium adalah 0,02-0,1 mm/put., dan untuk pemotongan 0,01-0,02 mm/put.

Contoh 1:

Apabila akan dibubut benda kerja dari bahan yang berdiamater 40 mm dan terbuat daribahan yang memiliki kecepatan potong 150 m/menit, berapakah kecapatan putaran mesin yang dibutuhkan?

Data : d = 40 mm; Vs = 150 m/menit.

Masalah : S = ?

Jawab :

S = Vs x 1000 / 3,14 x d

= 150 x 1000 / 3,14 x 40

= 1200 putaran per menit.

Contoh 2:

Jika diketahui jumlah putaran 1200 put./menit, dan kecepatan pemotongan (f) 0,06 mm/put., berapa asutan dalam mm/menit yang dibutuhkan? Data

: S = 1200 rpm; f = 0,06 mm/put

Masalah : F = ?

Jawab F = S x

f

= 1200 x 0,06

= 72 mm/menit

H. Mengoperasikan Mesin CNC



Gambar 3.24 Mesin CNC

Langkah-langkah mengoperasikan mesin bubut CNC, antara lain :

a. Mempersiapkan program.

Program ini merupakan perintah atau informasi pengerjaan benda kerja oleh mesin CNC. Program yang dibuat harus benar agar tidak terjadi bahaya (kerusakan pahat, benda kerja, atau cekam).

b. Pemasukan program

Program yang sudah dibuat dimasukkan ke mesin CNC dengan menggunakan tombol-tombol angka. Pindahkan pengendali manual ke palayanan CNC dengan menekan tombol (H/C). Mulailah memasukan program dengan tombol angka. Setiap memasukkan satu angka tekan (INP) agar tersimpan. Jika salah hapus dengan (DEL).

c. Pengujian atau pemeriksaan program

Program yang sudah selesai dibuat dapat diperiksa kebenarannya dengan menekan tombol (-). Untuk memeriksa atau mengetahui gerakannya gunakan plotter. Langkah plotter akan berhenti jika program salah. Jika alarm informasi kesalahan berbunyi tekan (REV) + (INP). Lakukan koreksi kesalahan sampai program menjadi benar.

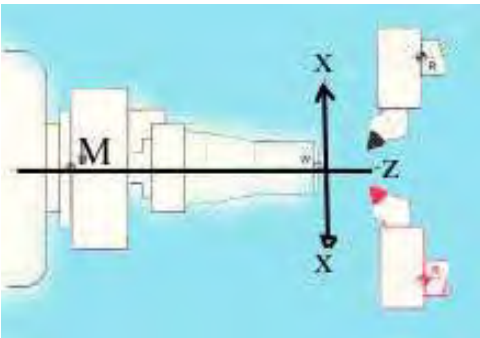
d. Eksekusi Program

Program yang sudah selesai dan benar dapat dieksekusi atau diterapkan pada Benda Kerja. Apabila belum berani ke benda kerja dapat diganti dengan lilin, kemudian baru menggunakan benda kerja aluminium.

I. Membuat Benda Kerja Dengan Mesin CNC

Mesin CNC TU 2A (Training Unit 2 Aksis) merupakan mesin bubut *CNC* yang memiliki dua sumbu gerakan yaitu sumbu X dan sumbu Z. Sumbu X menunjukkan besar kecilnya diameter sedangkan sumbu z menunjukkan panjang langkah pahat/alat potong. 2A menunjukkan jumlah sumbu (Sumbu x dan Sumbu Z). Selain dapat dijalankan secara otomatis mesin ini dapat juga melayani eksekusi manual

Sebelum membuat program benda kerja, kita harus memahami dulu sistem persumbuan pada mesin CNC Bubut, sumbu X menyatakan besar kecilnya diameter sedangkan Z menunjukkan panjang langkah, antara lain sebagai berikut:



Gambar 3.25 sistem persumbuan pada mesin CNC Bubut

Pembuatan program NC diawali dari mempelajari gambar kerja. Dari gambar kerja tersebut dapat ditentukan jenis mesin perkakas CNC yang akan digunakan, misalnya Mesin Bubut CNC, Mesin Frais CNC, atau jenis mesin lainnya. Setelah ditentukan jenis mesin yang akan digunakan, langkah berikutnya adalah :

a) Merancang teknik dan rencana penjepitan benda kerja pada mesin
b) Merancang struktur program (*program structure*) yaitu dengan menentukan urutan proses pemesinan
c) Menentukan jenis perkakas sayat yang akan digunakan, urutan penggunaan, dan parameter pemesinan seperti jumlah putaran

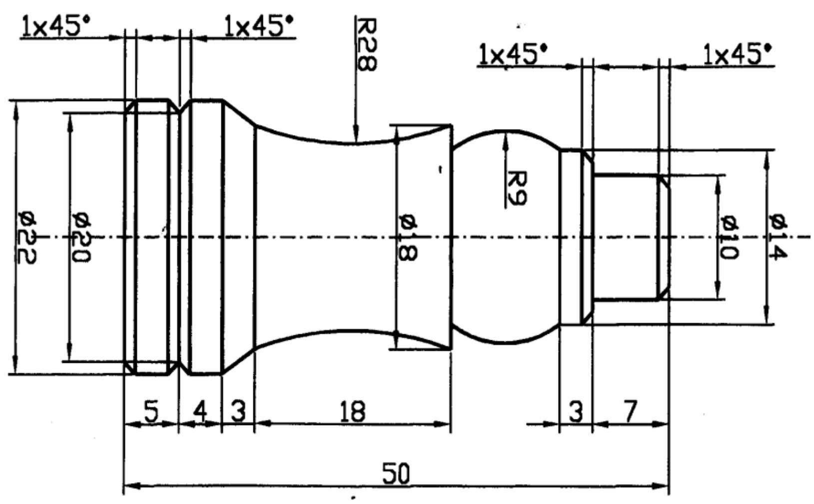
spindel (S) dan kecepatan pemakanan (F) untuk setiap perkakas sayat yang akan digunakan

d) Menulis program NC pada lembaran program (*program sheet*).

Berikut disampaikan contoh pembuatan program NC untuk Mesin Bubut CNC tipe ET-242 buatan EMCO Meier, Austria. Dari gambar kerja yang tersedia, kita coba pelajari kelengkapan ukurannya, apakah masih ada bagian gambar yang belum diketahui dimensinya. Jika didapati kekurangan ukuran, maka kita harus terlebih dahulu melengkapinya agar dalam pembuatan program nanti tidak terjadi kesalahan menentukan titik koordinat lintasan perkakas sayatnya. Mintalah data geometri selengkapnya kepada perancang atau pembuat gambar kerja.

Contoh 1:

Benda kerja yang akan dibuat pada adalah sebuah pion dari bahan material Alumunium dengan dimensi awal berdiameter 32 mm panjang 50 mm dengan bentuk sebagai berikut.



Dari benda kerja di atas, maka dapat dibuat program dengan menggunakan mesin CNC EMCO Traininig Unit (TU 2A) sebagai berikut

Blok pemrogramannya :

N	G	X	Z	F	H
1	G92	27500	500		
2	M03				
3	G00	3200	100		
4	G84	3200	-5500	50	
5	G00	2000	100		
6	G84	2000	-5000	50	
7	G01	2000	-1600	50	
8	G84	1800	-8000	50	
9	G01	1600	-1000	50	
10	G84	1600	-2200	50	
11	G01	1400	-1600	50	
12	G84	1400	-2200	50	
13	G01	1200	-1700	50	
14	G84	1200	-2100	50	
15	G01	2200	-1000	50	
16	G84	1400	-2500	50	
17	G01	1200	-2500	50	
18	G84	1200			
19	G00	1600	-4000		
20	G01	2000	-5000	50	
21	G00	2200	100		
22	G00	1800	100		
23	G84	1800	-500	50	
24	G00	1600	100		

N	G	X	Z	F	H
25	G84	1600	-400	50	
26	G00	1400	100		
27	G84	1400	-300	50	
28	G00	1200	100		
29	G84	1200	-200	50	
30	G00	0	0		
31	G03	2000	-1000	50	
32	M99	I 00	K 1000		
33	G00	2000	-1500		
34	G02	1000	-2000	50	
35	M99	I 00	K 500		
36	G01	1600	-2300	50	
37	G01	1000	-2600	50	
38	G01	1400	-4000	50	
39	G01	1600	-4000	50	
40	G01	2000	-5000	50	
41	G00	2750	500	50	
42	M30				

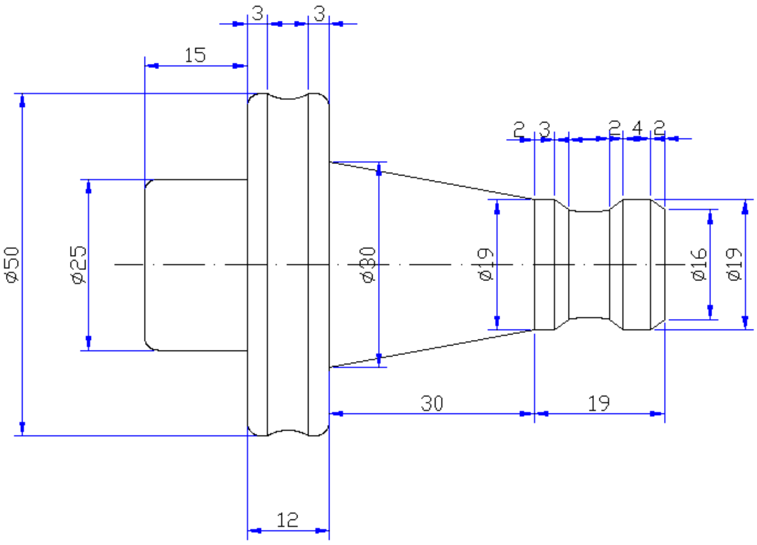
Evaluasi

A. Evaluasi Diri

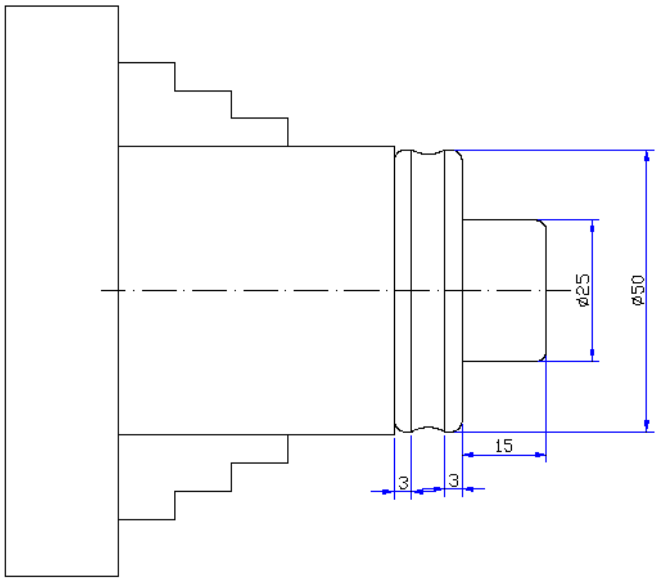
Penilaian Diri					
Evaluasi diri ini diisi oleh siswa, dengan memberikan tanda ceklis pada pilihan penilaian diri sesuai kemampua siswa bersangkutan.					
No	**Aspek Evaluasi**	**Penilaian diri**			
		Sangat Baik (4)	**Baik (3)**	**Kurang (2)**	**Tidak Mampu (1)**
A	**Sikap**				
1	Disiplin				
2	Kerjasama dalam kelompok				
3	Kreatifitas				
4	Demokratis				
B	**Pengetahuan**				
1	Memahami dasar CNC				
	Memahami Penerapan Prinsip CNC				
C	**Keterampilan**				
1	Membuat komponen instrumen logam dengan menggunakan Mesin CNC				

B. Tugas Mandiri

Buatlah benda kerja untuk gambar kerja berikut :



Rencana penjepitan 1 :

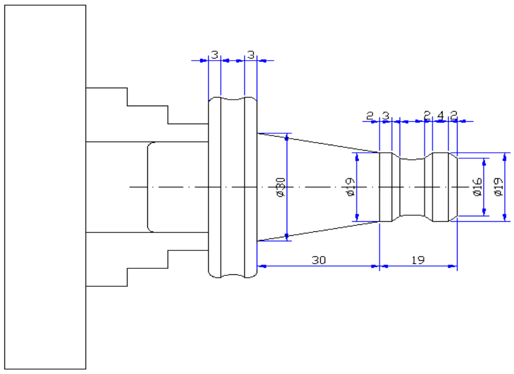


Blok pemrogramannya :

Sistem absolut

N	G	X	Z	F	H
N0000	G55				
N0010	G92	X0.000	Z76.000		
N0020	G59				
N0030	G94	G96 M04	M08	F120	
N0040	G00	X51.000	Z2.000		
N0050	G84	X50.000	Z-30.000		
N0060	G00	X50.000			
N0070	G84	X25.000	Z-19.000		
N0080	G00	X0.000	Z2.000		
N0090	G01	X0.000	Z0.000		
N0100	G42	X21.000			
N0110	G03	X25.000	Z-2.000	I=0.000	K=2.000
N0120	G01		Z-19.000		
N0130	X46.000				
N0140	G03	X50.000	Z-21.000	I=0.000	K=2.000
N0150	G01	X51.000			
N0160	G00	X80.000	Z50.000		
N0170	M05	M09			
N0180	M30				

Rencana penjepitan 2 :



Blok pemrogramannya :

Sistem absolut

N	G	X	Z	F	H
N0000	G54				
N0010	G92	X0.000	Z61.000		
N0020	G59				
N0030	M04	M08		F120	
N0040	G00	X51.000	Z2.000		
N0050	G84	X30.000	Z-49.000	N0050	
N0060	G00	X30.000		N0060	
N0070	G84	X19.000	Z-49.000	N0070	
N0080	G00	X19.000		N0080	
N0090	G84	X16.000	Z-19.000	N0090	
N0100	G00	X12.000	Z2.000		
N0120	G01	Z-19.000			
N0130	X46.000				
N0140	G03	X50.000	Z-21.000	I=0.000	K=2.000
N0150	G01	X51.000			
N0150	G01	X51.000			
N0160	G00	X80.000	Z50.000		
N0170	M05				
N0180	M30				

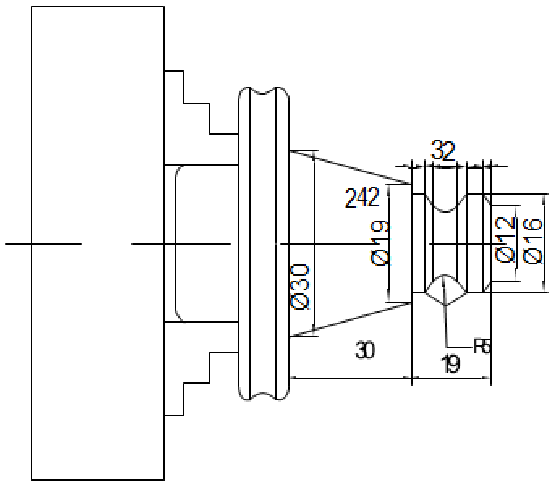
N0150 G01 X51.000

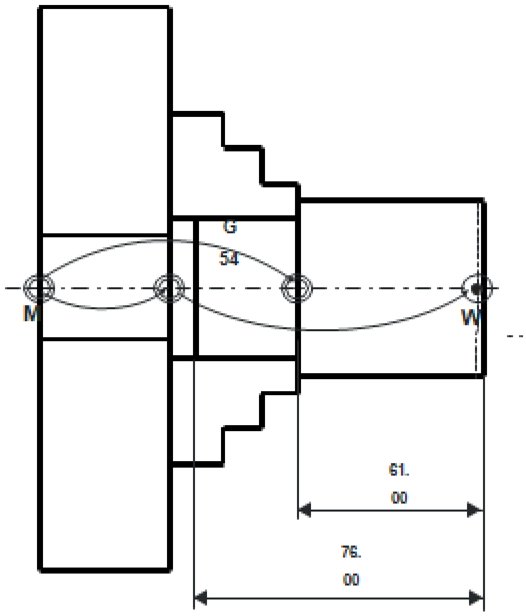
```
N0160       G00   X80.000       Z50.000
N0170       M05
N0180       M30
```

Program NC pada Penjepitan 1

```
N0000  G55
N0010  G92  X0.000  Z76.000  S2000
N0020  G59
N0030  T0101  G94  G96 M04  M08  F120  S200
N0040  G00  X51.000  Z2.000
N0050  G84  X50.000  Z-30.000  D0=200  D2=0
N0060  G00  X50.000
N0070  G84  X25.000  Z-19.000  D0=500  D2=0  D3=1000
N0080  G00  X0.000  Z2.000
N0090  G01  Z0.000  Z0.000  G42
N0100  X21.000
N0110  G03  X25.000  Z-2.000  I=0.000  K=2.000
N0120  G01  Z-19.000
N0130  X46.000
N0140  G03  X50.000  Z-21.000  I=0.000  K=2.000
N0150  G01  X51.000 G40
N0160  G00 X80.000  Z50.000
N0170  M05  M09 G53  G56  T0000
N0180  M30
```

Rencana Penjepitan 2





Program NC pada Penjepitan 2

N0000 G54

N0010 G92 X0.000 Z61.000 S2000

N0020 G59

N0030 T0101 G94 G96 M04 M08 F120 S200

N0040 G00 X51.000 Z2.000

N0050 G84 X30.000 Z-49.000 D_0=200 D_2=0 D_0=1000

N0060 G00 X30.000

N0070 G84 X19.000 Z-49.000 D_0=500 D_2=0 D_3=1000

```
N0080  G00  X19.000
N0090  G84  X16.000  Z-19.000  D0=500  D2=0  D3=1000
N0100  G00  X12.000  Z2.000
N0110  G01  Z0.000  Z0.000  G42
X21.000
G03  X25.000  Z-2.000  I=0.000  K=2.000
N0120  G01  Z-19.000
N0130  X46.000
N0140  G03  X50.000  Z-21.000  I=0.000  K=2.000
N0150  G01  X51.000 G40
N0160  G00 X80.000  Z50.000
N0170  M05  M09 G53  G56  T0000
N0180  M30
```

Daftar Pustaka

Darma, Edifrizal, 2011. Prisip dasar Statika I. Pusat Pengembangan Bahan Ajar,Universitas Mercu Buana.

Daryanto.1987, *Mesin Perkakas Bengkel*, Jakarta: PT Rineka Cipta

Hantoro, Sirod dan Parjono. 2005, *Menggambar Mesin*. Jakarta: Adicita.

Harapan Utama. 2000. *Materi Pengajaran AutoCAD 2000*. Semarang: Lembaga Keterampilan Komputer Harapan Utama.

Lilih Dwi P. 2001. *Buku CNC Milling* – TU 2A (Mesin Bubut Dasar). Laboratorium CNC – BLPT Surabaya.

Lilih Dwi P. 2001. *Buku CNC Milling* – TU 3A (Mesin Freis Dasar). Laboratorium CNC – BLPT Surabaya.

J.J.M. Hollebrandse. Soedjono. 1988. *Teknik Pemrograman Dan Aplikasi CNC*. Jakarta, PT Rosda Jayaputra.

John Ridley, 2008. Kesehatan dan Keselamatan Kerja Ikhtisar, Jakarta: Penerbit Erlangga

Juhana, Ohan dan M. Suratman. 2000,Menggambar Teknik Mesin.Bandung: Pustaka Grafika.

Majumdar. 2001. *Pneumatic Systems Principles and Maintenance*.Tata McGraw-Hill. New Delhi.

Mikell P. Groover. 2001. *Automation Production systems, and Computer-Integrated*

Pudjananta dan Narsuhud. 2006. *Mesin Konversi Energi*. Andi Offset. Yogyakarta

Poerwanto, Juliza Hidayati dan Anizar, 2008, Instrumentasi dan Alat Ukur, Graha Ilmu, Yogyakarta

Setiawan. Iwan. 2006. *Programmable Logic Controller (PLC) dan Perancangan Sistem Kontrol*. Yogyakarta. Penerbit Andi

Silalahi, Bernnet NB. 1995. *Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja*. Jakarta: PT Pustaka Binaman Pressindo

Soewito. Hadi. 1992. *Pengetahuan Dasar Mesin CNC*. Bandung. Pusat Pengembangan Penataran Guru Teknologi Bandung.

Sudibyo dan Djumarso. 1991. *Toleransi*. Solo: ATMI ST Mikael

Sumbodo. Wirawan. 2004. *Dasar-dasar Sistem Pneuamtik/Hydrolik*. Semarang. Unnes

Sularso dan Tahara, H., 2000. *Pompa dan Kompresor*. Jakarta Pradnya Paramita.

Wahana Komputer. 2002. *Menguasai AutoCAD 2002*. Jakarta. Salemba Infotek.